СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ-РАСТОЧНИКА





СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ-РАСТОЧНИКА

СЕРИЯ СПРАВОЧНИКОВ ДЛЯ МАСТЕРОВ И РАБОЧИХ

В. Ф. ПОНОМАРЕВ



СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ-РАСТОЧНИКА





ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
Москва 1969

УДК 621.941.1 (083)

Справочник токаря-расточника. Пономарев В. Ф., инж. М., «Машиностроение», 1969. Стр. 1—284.

В книге приведены справочные сведения по расточным станкам, приспособлениям, вспомогательному, режущему и измерительному инструменту, выбору способов расточки типовых деталей, практическим приемам расточки, методам контроля ее качества, режимам резания, факторам, влияющим на точность и чистоту обработки.

Справочник предназначен для мастеров, квалифицированных рабочих и технологов.

Рис. 82, табл. 185, библ. 15 назв.



Рецензент инж. **А. М. Ярков**

3—12—4
47—69

ГЛАВА 1

ИНСТРУМЕНТЫ

РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Резцы

По своей конструкции рабочие части расточных резцов (рис. 1—3) сходны с любыми другими резцами и отличаются чаще всего формой стержня, который служит для закрепления в резцедержавках или борштангах. Между углами заточки резцов существует следующая зависимость:

$$\begin{array}{ccc} \alpha + \beta & \delta + \gamma & \varphi + \varepsilon + \varphi_1 \\ \delta & 90^\circ & 180^\circ \end{array}$$

Угол наклона λ (см. рис. 3) определяет направление отвода стружки.

Расточные резцы, применяемые при работе на горизонтально-расточных станках. Параметры и краткая характеристика резцов приведены в табл. 1—9.

Расточные резцы, применяемые при работе на алмазно-расточных станках. Для тонкого растачивания применяют резцы, оснащенные твердым сплавом или алмазом.

Резцы для растачивания отверстий в деталях из стали и чугуна оснащают твердым сплавом: для стали — титанокобальтовых марок, а для чугуна — вольфрамокобальтовых.

Для тонкого растачивания деталей из цветных металлов и их сплавов режущую часть резцов изготовляют из технических алмазов. Пластину твердого сплава или алмаза закрепляют механическим способом (табл. 10) или припаивают. В качестве припоя применяют для твердого сплава красную медь, а для припайки алмазов — серебряный припой марки П6р50Кд по ГОСТу 8190—56.

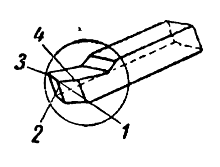
Режущая часть алмазных резцов представляет собой кристалл алмаза величиной 0,5—0,8 карата (1 карат = 0,2 *г*), закрепленный в державке.

Алмазы обладают высокой стойкостью, благодаря чему можно использовать высокие режимы резания и получать большую чистоту и высокую точность обработки.

Державку резцов изготовляют круглого сечения 3—18 *мм* и крепят в оправках.

При изготовлении алмазных резцов необходимо учитывать, чтобы равнодействующая сила резания проходила вне плоскостей пайки. Имея в виду повышенную хрупкость алмазов, углы заострения следует делать близкими к 90° за счет уменьшения переднего угла от 0 до —8°.

Геометрические параметры режущей части алмазных и твердосплавных резцов приведены в табл. 11.



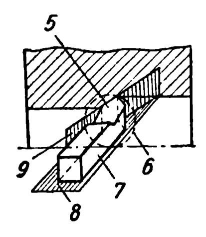


Рис. 1. Основные элементы резцов:

1 — вершина резца; 2 — задняя поверхность; 3 — вспомогательное режущее лезвие; 4 — главное режущее лезвие; 5 — передняя поверхность; 6 — головка (рабочая часть); 7 — стержень (державка); 8 — основная плоскость; 9 — плоскость резания

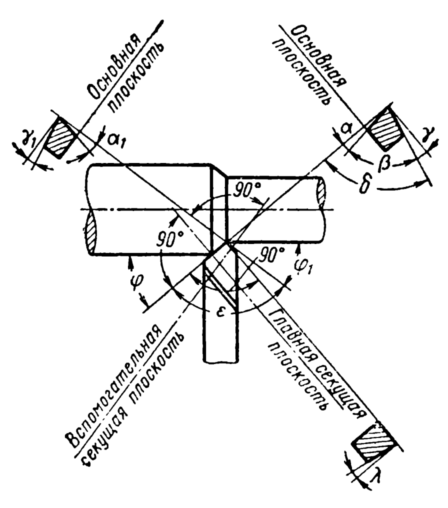


Рис. 2. Углы режущей части резца: *передний угол* γ — угол между передней поверхностью и плоскостью, перепендикулярной к плоскости резания, проведенной через главное режущее лезвие;

задний угол α — угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания;

угол заострения β — угол между передней и главной задней поверхностью резца;

угол резания δ — угол между передней поверхностью и плоскостью резания. Влияет на деформацию стружки, сопротивление резанию, прочность и стойкость резца;

вспомогательный передний угол γ_1 — угол между передней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательное режущее лезвие параллельно основной плоскости;

вспомогательный задний угол α_1 — угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательное режущее лезвие перпендикулярно основной плоскости;

главный угол в плане φ — угол между проекцией главного режущего лезвия на основную плоскость и направлением подачи;

вспомогательный угол в плане φ_1 — угол между проекцией вспомогательного режущего лезвия на основную плоскость и направлением, обратным направлению подачи. Так же как и угол γ_1, уменьшает сопротивление резанию, но сказывается на стойкости резцов;

угол при вершине в плане ε — угол между проекциями главного и вспомогательного режущих лезвий на основную плоскость

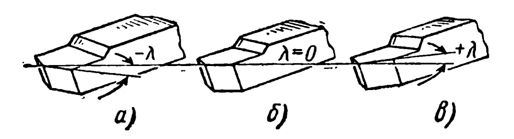


Рис. 3. Углы наклона λ главного режущего лезвия:

а — отрицательный; *б* — нулевой; *в* — положительный

1. Установка резцов относительно линии центра обрабатываемого отверстия и оси борштанги

<table>
<tr><th>Эскиз</th><th>Изменение значения величин углов в зависимости от установки резца</th></tr>
<tr><td></td><td>По центру — углы γ и α соответствуют заточенным</td></tr>
<tr><td></td><td>Выше центра — угол γ уменьшается против заточенного, а угол α — увеличивается</td></tr>
<tr><td></td><td>Ниже центра — угол γ увеличивается против заточенного, а угол α уменьшается</td></tr>
<tr><td></td><td>Выше центра на величину b и угол τ;
<table>
<tr><th>γ°</th><th>α°</th></tr>
<tr><td colspan="2">а) для черновых резцов</td></tr>
<tr><td>5—10</td><td>3—8</td></tr>
<tr><td colspan="2">б) для чистовых резцов</td></tr>
<tr><td>8—15</td><td>5—12</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td></td><td>На угол ψ в плане;
<table>
<tr><th>ψ°</th><th>φ°</th><th>φ₁°</th></tr>
<tr><td colspan="3">а) для черновых резцов</td></tr>
<tr><td>60</td><td>60</td><td>10—15</td></tr>
<tr><td colspan="3">б) для чистовых резцов</td></tr>
<tr><td>45</td><td>90</td><td>0—1</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

2. Формы передней поверхности резцов *

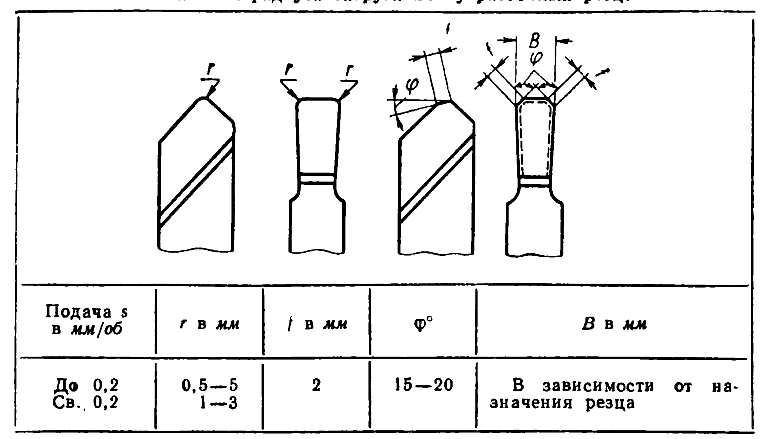
Форма передней поверхности	Обрабатываемый материал	Размеры элементов в *мм*			Подача *s* в *мм/об*	Область применения
		Ширина фаски *f*	Ширина лунки *B*	Радиус лунки *R*		
		Резцы из быстрорежущей стали				
Радиусная фаска	Сталь	(0,8÷1,0) s	2—2,5	(10÷15) s	>0,2	Резцы всех типов, за исключением фасонных
Плоская с фаской		(1,0÷1,5) s	—	—	<0,2	Обеспечивает стружколомание
Плоская	Чугун Сталь	—		—	⩽0,2	Резцы всех типов

Резцы с пластинками из твердого сплава

Плоская с отрицательной фаской	Сталь с $\sigma_в \leq$ ≤ 80 *кГ/мм²*				$\leq 0,3$	С применением стружколомателей при больших диаметрах обрабатываемых отверстий
	Сталь с $\sigma_в >$ > 80 *кГ/мм²*	0,2—0,5	—	—		При недостаточной жесткости или виброустойчивости заготовки
	Серый и ковкий чугун				$\leq 0,2$	Резцы всех типов
Радиусная с отрицательной фаской	Сталь с $\sigma_в \leq$ ≤ 80 *кГ/мм²*	0,2—0,3	2—2,5	4—6	$\leq 0,3$	Получистовая обработка при глубине резания до 5 *мм* обеспечивает отвод стружки
Плоская с отрицательной фаской	Сталь с $\sigma_в >$ > 80 *кГ/мм²*	—	—	—		При достаточной виброустойчивости и жесткости заготовки с применением стружколомателей в случае больших диаметров обрабатываемых отверстий

* Формы передней поверхности расточных резцов изменяются в зависимости от условий и требований обработки отверстий. Во всех случаях, однако, преследуется цель увеличения стойкости резцов при повышении режимов резания и обеспечения наилучшего отвода стружки.

3. Величина радиуса закругления у расточных резцов



Подача s в *мм/об*	*r* в *мм*	*f* в *мм*	φ°	*B* в *мм*
До 0,2 Св. 0,2	0,5—5 1—3	2	15—20	В зависимости от назначения резца

4. Типы стружколомателей

Эскиз	Краткая характеристика
	Резец со стружколомательной канавкой. Во избежание появления трещин рекомендуется канавку протачивать алмазным кругом
	Резец со ступенчатым стружколомателем
	Резец с припаянным стружколомательным порожком
	Резец с передвижным закрепляемым стружколомателем

5. Типы расточных резцов, устанавливаемых в борштанги

Эскиз	Угол в плане		Краткая характеристика
	φ°	φ_1°	
	60	10—15	Проходной резец квадратного или круглого сечения устанавливается перпендикулярно оси борштанги. Применяется для черновой обработки стали и чугуна
			Проходной резец квадратного или круглого сечения, устанавливается в борштанге с гнездом, расположенным под углом 45 или 60°. Применяется для черновой обработки стали и чугуна
	90	10—15	Упорно-проходной резец. Может быть любого сечения. Применяется для чистовой обработки стали и чугуна. При работе им возникают меньшие радиальные усилия. Используется при обработке ступенчатых отверстий
			Назначение то же, что и упорно-проходного, но может быть использован как проходной резец в борштанге с угловым расположением гнезда

Продолжение табл. 5

Эскиз	Угол в плане		Краткая характеристика
	φ°	φ_1°	
	—	—	Прорезной канавочный резец, применяется для растачивания канавок и выемок внутри отверстия
	60	60	Двусторонний проходной резец, применяется для растачивания длинных выемок внутри отверстия
	90	3	Однолезвийный пластинчатый резец, применяется как упорно-проходной и подрезной резец
	45	10	Однолезвийный пластинчатый резец, применяется как проходной
	60		Двухлезвийный пластинчатый резец. Изготавливается на определенный размер *D*. Устанавливается пазом *B* на срезы у гнезда борштанги

Продолжение табл. 5

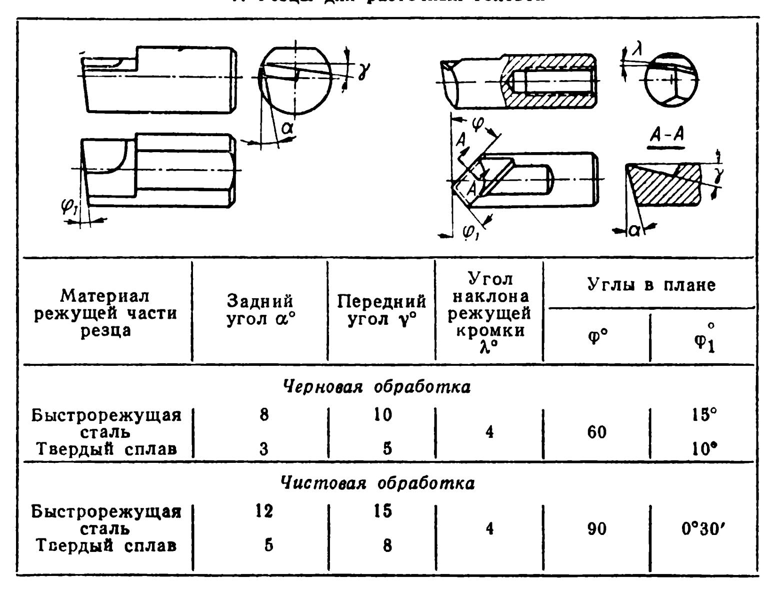
Эскиз	Угол в плане		Краткая характеристика
	φ°	φ_1°	
	—	—	Многолезвийный пластинчатый комбинированный резец. Предназначается для одновременной обработки ступенчатого отверстия, подрезки торца и снятия внутренней и наружной фасок

6. Расточные резцы квадратного, прямоугольного и круглого сечения для установки в борштанги, расточные блоки и головки

Размеры в *мм*

Размеры сечений			f	R	b	t	
Прямоугольное $B \times H$	Квадратное $B \times H$	Круглое d					
10×16	12×12	8—12	0,2	3	1,5	0,09	1
12×20	16×16	16	0,4	5	2,4	0,15	1,5
16×25	20×20	20	0,6	8	3,9	0,24	
20×30	25×25	25	0,8	12	5,8	0,36	2
25×40	30×30	—	1,0	15	7,2	0,45	
30×45	40×40		1,2	18	8,7	0,54	3

7. Резцы для расточных головок

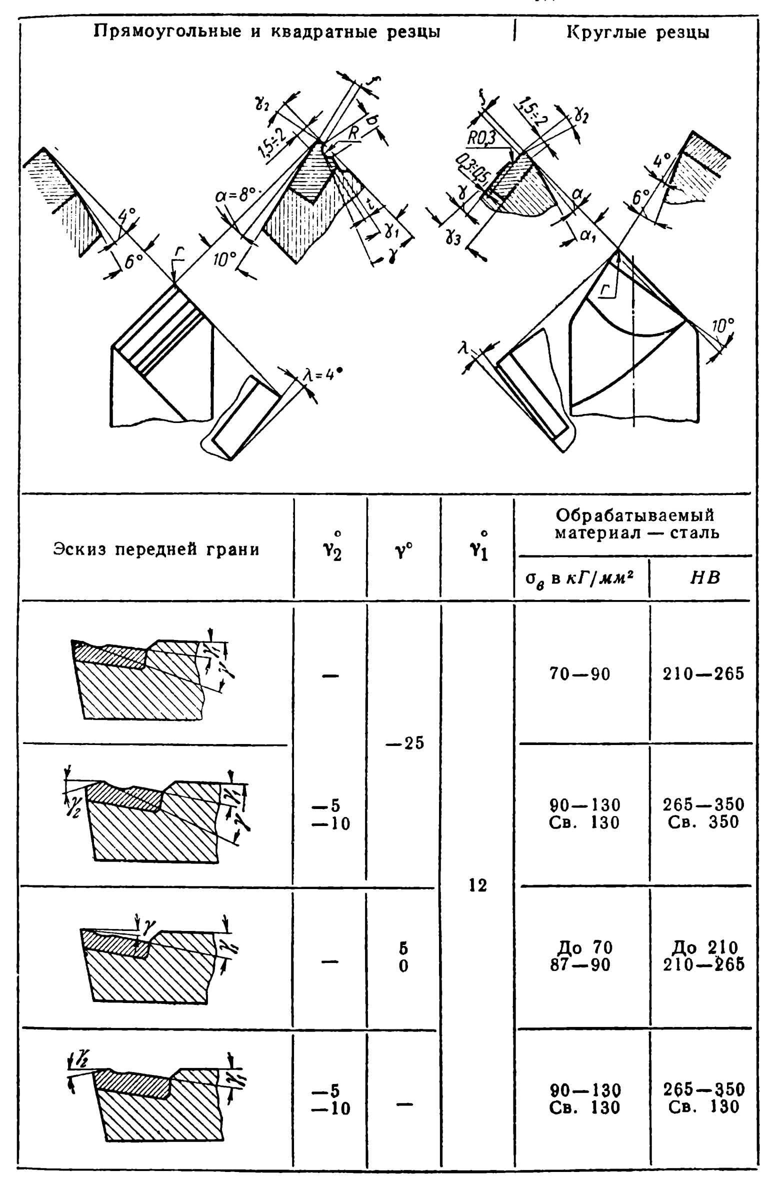


Материал режущей части резца	Задний угол $\alpha°$	Передний угол $\gamma°$	Угол наклона режущей кромки $\lambda°$	Углы в плане $\varphi°$	
				$\varphi°$	$\varphi_1°$
Черновая обработка					
Быстрорежущая сталь	8	10	4	60	15°
Твердый сплав	3	5			10°
Чистовая обработка					
Быстрорежущая сталь	12	15	4	90	0°30′
Твердый сплав	5	8			

8. Величина передних углов γ и γ_1 расточных резцов из быстрорежущей стали

Эскиз передней грани	$\gamma°$	$\gamma_1°$	Обрабатываемый материал
f; γ; γ_1; $\alpha = 8°$	16	30	Сталь всех марок
f; γ; γ_1; $\alpha = 8°$	20	25	Сталь; $\sigma_в = 50 \div 100$, *HB* 150—270 Чугун *HB* 150—200 Силумин всех марок
	15	16	Сталь; $\sigma_в = 100 \div 120$, *HB* 270
	8	16	Чугун *HB* 200—250. Бронза всех марок

9. Величины передних углов γ, γ_1 и γ_2 для расточных резцов с пластинками из титано-кобальтового твердого сплава



Эскиз передней грани	γ_2°	γ°	γ_1°	Обрабатываемый материал — сталь: $\sigma_в$ в $кГ/мм^2$	Обрабатываемый материал — сталь: HB
	—	−25	12	70—90	210—265
	−5 −10			90—130 Св. 130	265—350 Св. 350
	—	5 0		До 70 87—90	До 210 210—265
	−5 −10	—		90—130 Св. 130	265—350 Св. 130

10. Способы механического крепления пластинок твердого сплава и алмазов в расточных резцах для тонкого растачивания

Эскиз	Характеристика крепления
6, 1, 2, 3, 4, 5	Крепление прижимной планкой *1* и винтом *2*. Опорой планки служит пластинка *3*. Пластинка твердого сплава или алмаз *6* лежит в выемке державки *5*. Штифт *4* предохраняет прижимную планку от проворота
1, 2, 3	Крепление аналогично предыдущему и отличается наличием шарнирной опоры, образуемой соединением радиусных канавок державки *3*, прижимной планки *1* и цилиндрического штифта *2*
2, 3, 4, 1	Режущий элемент *1* зажимается посредством впрессовки шарнирно соединенных державки *4* и планки *2* в обойму *3*. Иногда дополнительно припаивают серебряным припоем

11. Основные геометрические параметры режущей части алмазных и твердосплавных резцов

Обрабатываемый материал	Передний угол γ°	Задний угол α°	Главный угол в плане φ°	Вспомогательный угол в плане φ_1°	Угол наклона λ°	Радиус при вершине *r* в *мм*
Алмазные резцы						
Латунь, алюминий, антифрикционные сплавы, пластмассы	От 0 до 3	8—12	30—90	0—10	0—7	0,2—0,8
Бронза, силумин	От −3 до −8	6—8				
Легированная сталь	От 0 до −3	8—12	60—90	10—45	0—5	0,1—0,2
Твердосплавные резцы для тонкого точения						
Твердая бронза	0—(—7)	8—15	60—90	0—45	0	0,3—0,5
Чугун	0			5—15	0—15	0,5—1,0
Сталь	5—(—5)				0—30	

Расточные резцы, применяемые при работе на координатно-расточных станках. Резцы, размеры которых приведены в табл. 12, изготовляют с пластинками из быстрорежущей стали или твердого сплава. Марку материала пластинок и углы заточки выбирают в зависимости от обрабатываемого материала. Пластинки твердого сплава припаивают красной медью. Хвостовую часть изготовляют из стали марки 45 и сваривают с головкой резца встык.

Резцы из быстрорежущей стали с $d \leqslant 10$ *мм* можно изготовлять целиковыми.

Резцы, размеры которых приведены в табл. 13 и 14, в зависимости от обрабатываемого материала изготовляют из быстрорежущей стали или с напайкой пластинок твердого сплава.

Иногда применяют резцы для крепления в расточных оправках круглого сечения. В этом случае под крепежный винт вдоль державки резца делают сквозную лыску, она же является и элементом, определяющим положение режущих кромок резца относительно растачиваемого отверстия.

В табл. 15 и 16 приведены данные о расточных резцах с затылованной головкой.

При работе на координатно-расточных станках не всегда удается получать резцы из централизованной заточки, поэтому квалифицированные расточники затачивают резцы сами, причем учитывают специфику обрабатываемого отверстия, а также на основе опыта придают резцу необходимые формы режущих элементов.

На некоторых заводах разработаны внутренние нормали заготовок резцов (табл. 17), которые проходят полную обработку, включая термическую, за исключением элементов режущей части. Заточку таких заготовок-резцов производит сам расточник.

Сверла

Сверла общего назначения. Сведения о типах, размерах и применении сверл приведены в табл. 18—25.

Угол наклона поперечного лезвия $\psi = 47 \div 50°$ для сверл диаметром до 12 *мм* и $\psi = 52 \div 55°$ для сверл диаметром свыше 12 *мм*.

Подточка сердцевины, поперечной кромки и ленточки сверла облегчает процесс резания. Подточку производят обычно у сверл диаметром свыше 12 *мм* после каждой переточки сверла.

Подточка поперечной кромки и сердцевины уменьшает осевую силу и крутящий момент. При подточке поперечная кромка уменьшается по длине на 25—50%.

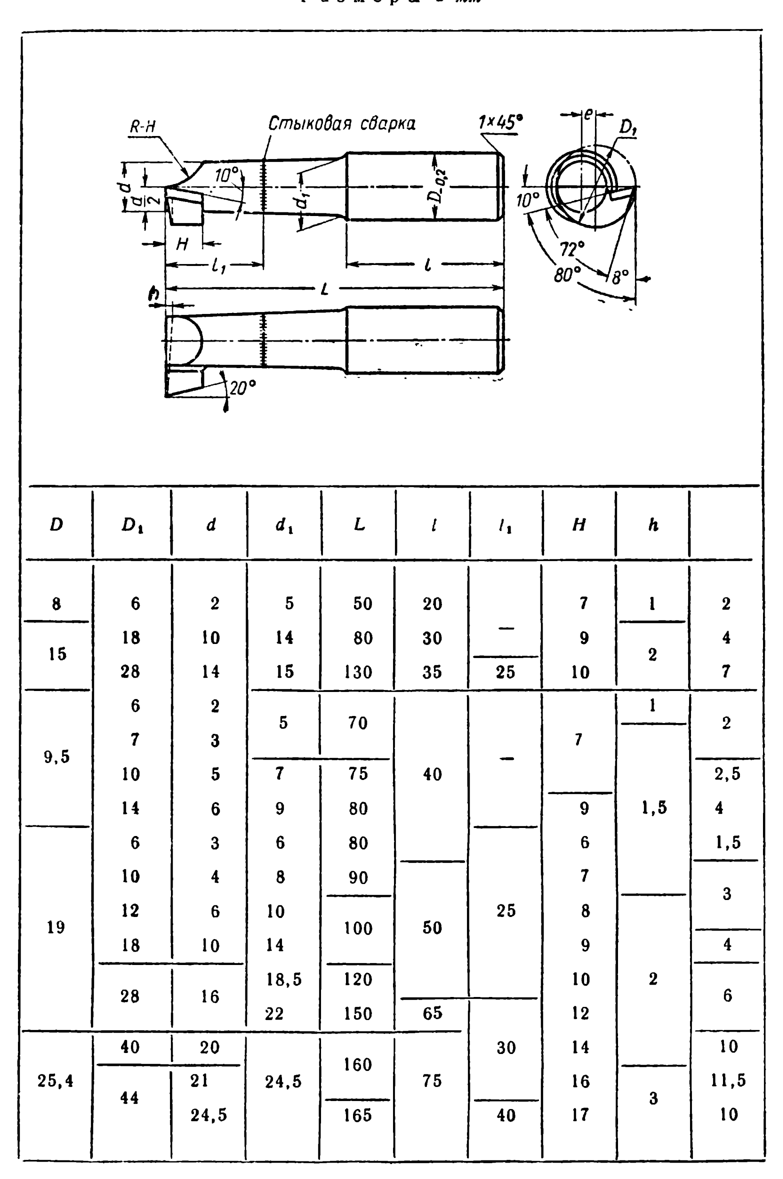
Ленточку подтачивают под углом 6—8° у сверл диаметром 12—30 *мм* на длине 1,5—2 *мм* и у сверл диаметром от 30 до 80 *мм* на длине 3—4 *мм*; причем у края сверла сохраняют ленточку шириной 0,1—0,3 *мм*.

Сверла специального назначения. Сверла, применяемые для сверления жаропрочных сплавов и нержавеющей стали, изготовляют из быстрорежущей стали с утолщенной сердцевиной и для обеспечения большей стойкости производят двойную заточку. У сверл диаметром до 12 *мм* делают одинарную заточку.

Рекомендуемые оптимальные геометрические параметры режущей части сверла приведены в табл. 26, при этом угол при вершине $2\varphi = 118°$; $2\varphi_0 = 75°$.

12. Расточные резцы с цилиндрическим хвостовиком к расточным патронам

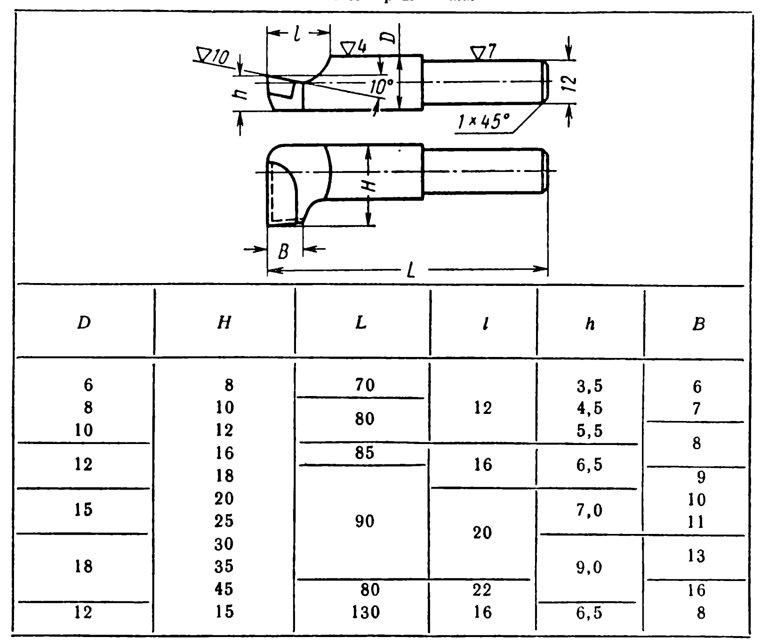
Размеры в *мм*



D	D_1	d	d_1	L	l	l_1	H	h	
8	6	2	5	50	20	—	7	1	2
15	18	10	14	80	30		9	2	4
	28	14	15	130	35	25	10		7
9,5	6	2	5	70	40	—	7	1	2
	7	3						1,5	
	10	5	7	75					2,5
	14	6	9	80			9		4
19	6	3	6	80		25	6		1,5
	10	4	8	90	50		7		3
	12	6	10	100			8	2	
	18	10	14				9		4
	28	16	18,5	120			10		6
			22	150	65	30	12		
25,4	40	20	24,5	160	75		14		10
	44	21					16	3	11,5
		24,5		165		40	17		10

13. Резцы расточные, отогнутые

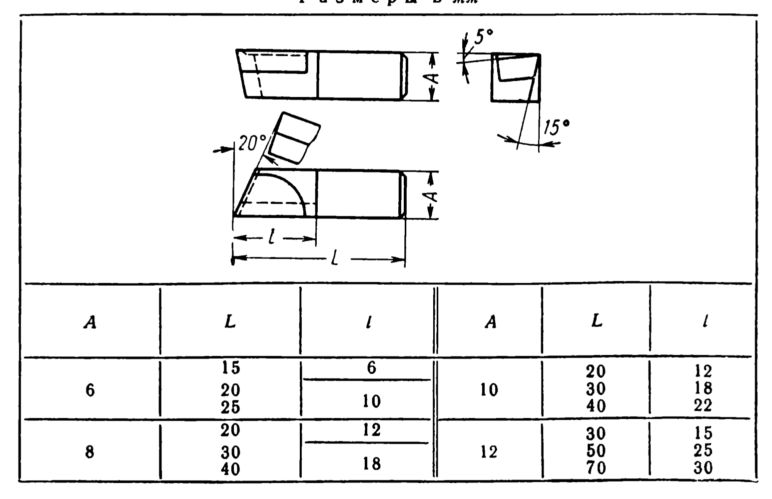
Размеры в *мм*



D	H	L	l	h	B
6	8	70	12	3,5	6
8	10	80		4,5	7
10	12			5,5	8
12	16	85	16	6,5	
	18	90			9
15	20		20	7,0	10
	25				11
18	30			9,0	13
	35				
	45	80	22		16
12	15	130	16	6,5	8

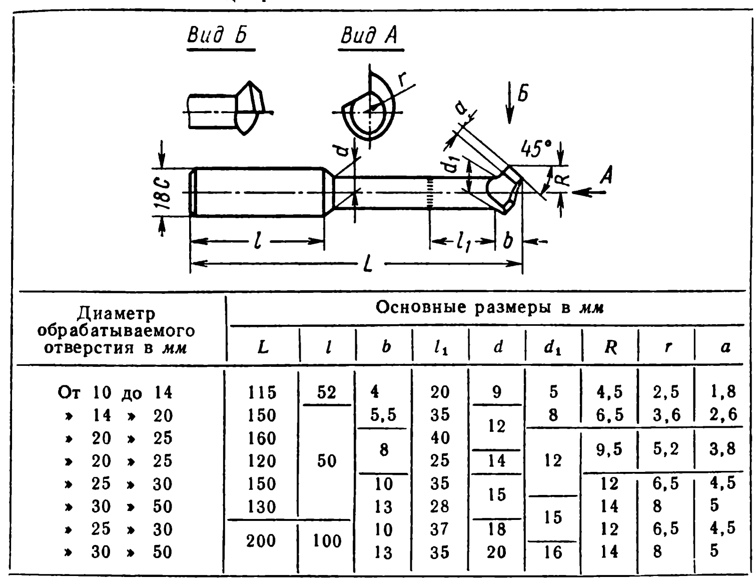
14. Резцы квадратного сечения для расточных оправок

Размеры в *мм*



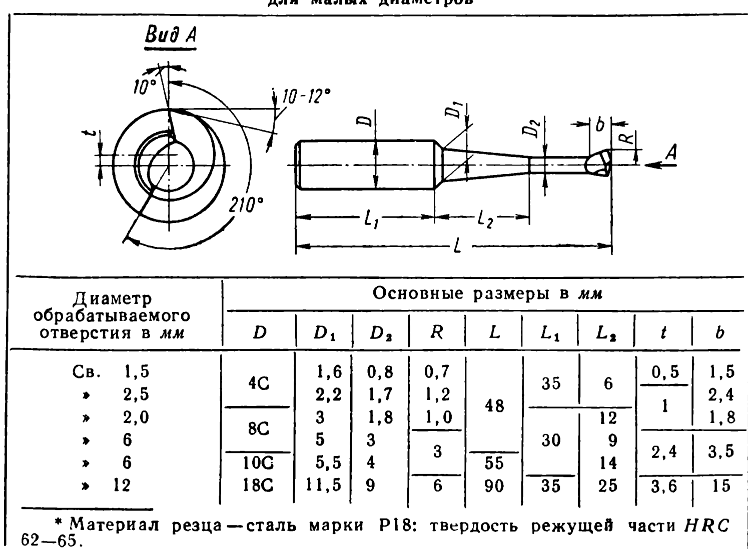
A	L	l	A	L	l
6	15	6	10	20	12
	20	10		30	18
	25			40	22
8	20	12	12	30	15
	30	18		50	25
	40			70	30

15. Резцы расточные с затылованной головкой



Диаметр обрабатываемого отверстия в *мм*	Основные размеры в *мм*								
	L	l	b	l_1	d	d_1	R	r	a
От 10 до 14	115	52	4	20	9	5	4,5	2,5	1,8
» 14 » 20	150	50	5,5	35	12	8	6,5	3,6	2,6
» 20 » 25	160	50	8	40	12	12	9,5	5,2	3,8
» 20 » 25	120	50	8	25	14	12	9,5	5,2	3,8
» 25 » 30	150	50	10	35	15	12	12	6,5	4,5
» 30 » 50	130	50	13	28	15	15	14	8	5
» 25 » 30	200	100	10	37	18	15	12	6,5	4,5
» 30 » 50	200	100	13	35	20	16	14	8	5

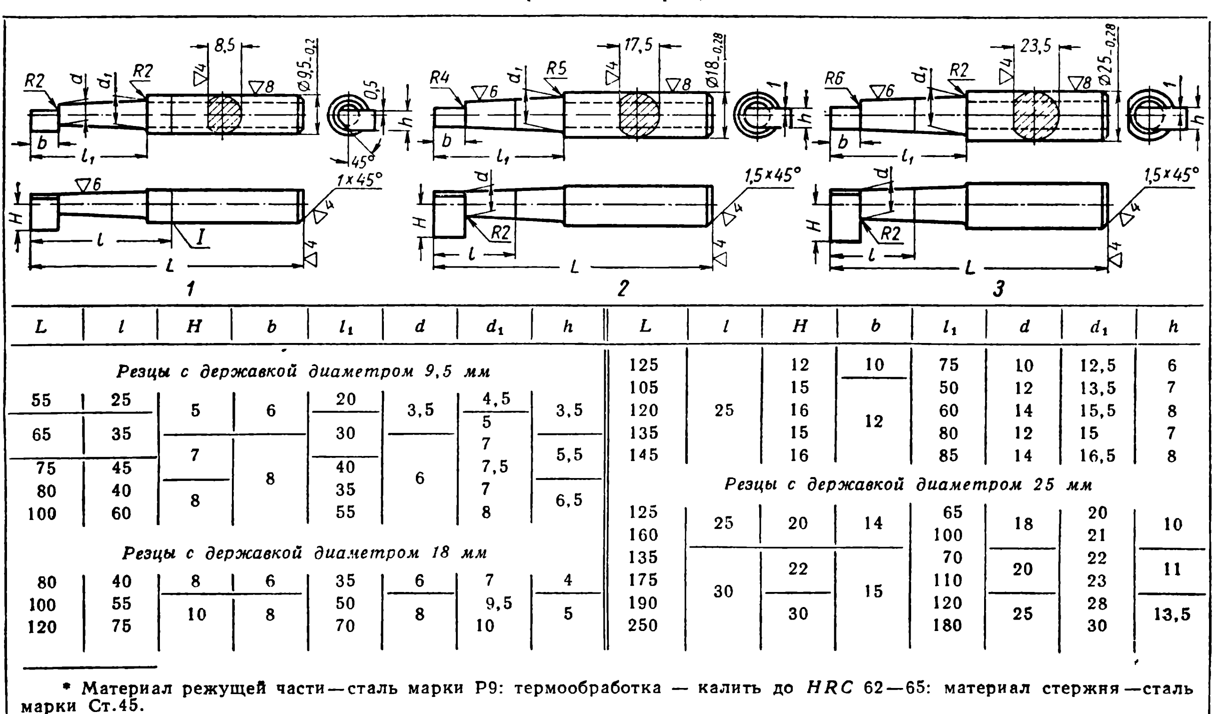
16. Резцы расточные цельные с затылованной головкой для малых диаметров *



Диаметр обрабатываемого отверстия в *мм*	Основные размеры в *мм*								
	D	D_1	D_2	R	L	L_1	L_2	t	b
Св. 1,5	4С	1,6	0,8	0,7	48	35	6	0,5	1,5
» 2,5	4С	2,2	1,7	1,2	48	35	6	1	2,4
» 2,0	8С	3	1,8	1,0	48	30	12	1	1,8
» 6	8С	5	3	3	48	30	9	2,4	3,5
» 6	10С	5,5	4	3	55	30	14	2,4	3,5
» 12	18С	11,5	9	6	90	35	25	3,6	15

* Материал резца — сталь марки Р18: твердость режущей части *HRC* 62—65.

17. Размеры заготовок резцов * в *мм*



Резцы с державкой диаметром 9,5 мм

L	l	H	b	l_1	d	d_1	h
55	25	5	6	20	3,5	4,5	3,5
						5	
65	35			30			
						7	
		7					5,5
75	45		8	40	6	7,5	
80	40			35		7	
		8					6,5
100	60			55		8	

Резцы с державкой диаметром 18 мм

L	l	H	b	l_1	d	d_1	h
80	40	8	6	35	6	7	4
100	55	10	8	50	8	9,5	5
120	75			70		10	
125	25	12	10	75	10	12,5	6
105		15	12	50	12	13,5	7
120		16		60	14	15,5	8
135		15		80	12	15	7
145		16		85	14	16,5	8

Резцы с державкой диаметром 25 мм

L	l	H	b	l_1	d	d_1	h
125	25	20	14	65	18	20	10
160				100		21	
135	30	22	15	70	20	22	11
175				110		23	
190		30		120	25	28	13,5
250				180		30	

* Материал режущей части — сталь марки Р9: термообработка — калить до *HRC* 62—65: материал стержня — сталь марки Ст.45.

18. Типы сверл, их характеристики и назначение

Тип	Основные параметры	Краткая характеристика и назначение
Спиральные с цилиндрическим хвостовиком	$d=0,25\div$ $\div 30$ *мм*. L до 245 *мм*. Размеры см. в табл. 19	Выпускаются с поводком и без поводка. Предназначаются для сверления и рассверливания отверстий. Закрепляются в кулачковых патронах, цилиндрических цангах и державках
Спиральные с коническим хвостовиком	$d=6\div 80$ *мм*, L до 535 *мм*. Конус Морзе. Размеры см. в табл. 19	Предназначаются для сверления и рассверливания отверстий. Закрепляются в конус шпинделя непосредственно или через переходную коническую втулку
Сверла с пластинками твердого сплава	$d=5\div 30$ *мм*, L до 350 *мм*. Размеры см. в табл. 19	Отличаются повышенной стойкостью. Могут быть использованы при сверлении материалов повышенной твердости. Пластинки твердого сплава припаивают медным или латунным припоем
	$d=18\div$ $\div 40$ *мм*, $L=235\div$ $\div 385$ *мм*. Размеры см. в табл. 20	Имеют внутренние отверстия для подвода охлаждающей жидкости. Применяются для сверления глубоких отверстий
Насадные сверла	$d=30\div$ $\div 75$ *мм*. Размеры см. в табл. 21	При помощи резьбового хвостовика насаживаются на оправку. Имеют отверстия для внутреннего подвода охлаждающей жидкости. Применяют для сверления глубоких отверстий
Шпиндельные сверла Конус Морзе; r1,5; 120°	$d=30\div$ $\div 150$ *мм*, $L=35\div$ $\div 135$ *мм*	Предназначены для глубокого сверления. Имеется внутренний подвод охлаждающей жидкости. Число канавок для отвода стружки 3—6

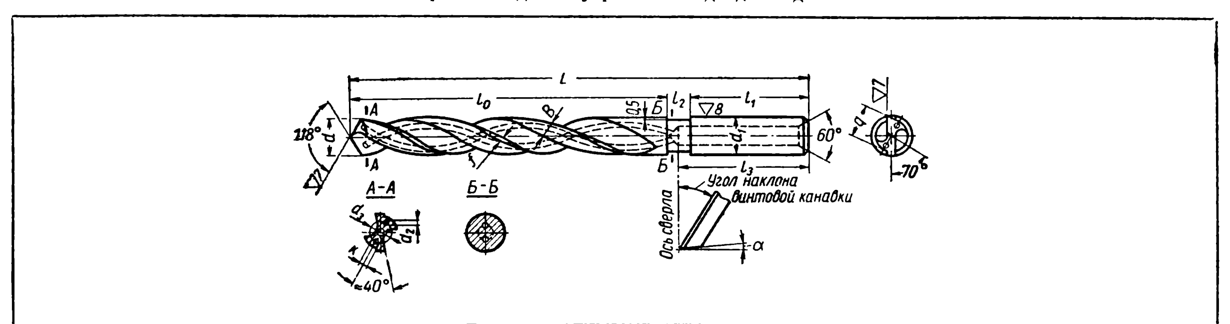
Продолжение табл. 18

Тип	Основные параметры	Краткая характеристика и назначение
Лопаточные (пушечные) сверла	$d=2\div30$ *мм*, $\alpha=10\div20°$, $f_1=0{,}1\div$ $\div0{,}5$ *мм*	Используются для глубокого сверления. Позволяют получать чистую поверхность стенок отверстия
Ружейные сверла	$d=3\div$ $\div17$ *мм*, $\varphi=120°$	Предназначаются для глубокого сверления. Отвод стружки — через наружную канавку, образуемую углом φ
Кольцевые (трепанирующие) головки	$d=60\div$ $\div100$ *мм*	Предназначаются для кольцевого сверления. Выполняются с одним, тремя или шестью отдельными ножами *1* Для сверления твердых материалов ножи оснащают твердым сплавом. Направление головки осуществляется с помощью направляющих *2*
Циркульные резцы	*R* до 200 *мм*	Используются для сверления отверстий в листовом материале. Диаметр отверстия устанавливается передвижением державки резца на величину *R*

19. Размеры спиральных сверл в *мм*

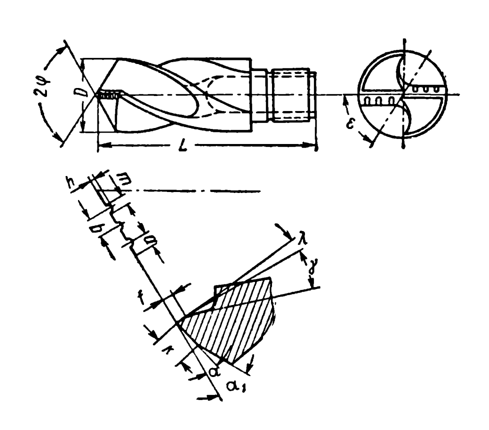
Наименование	Основные размеры в *мм*			Конус Морзе №
	D	L	l_0	
Сверла с цилиндрическим хвостовиком				
Длинные	2—20	95—245	50—165	—
Короткие	0,25—30	20—120	6—120	—
С укороченной рабочей частью	1—10,1	30—85	8—48	—
Для автоматов	1,1—10,2	60—80	30—50	—
Сверла с коническим хвостовиком				
Стандартной длины	6,0—15,5 15,6—23,5 23,6—32,5 32,6—49,5 49,6—65,0 68—80	160—205 225—255 290—325 365—400 440—460 535	73—123 130—160 170—205 215—250 225—275 285	1 2 3 4 5 6
С усиленным коническим хвостовиком	12—15 19—23 27—32 38—48 58—65	205—220 265—285 335—360 410—435 525—530	110—125 145—165 185—210 225—250 275—280	2 3 4 5 6
Удлиненные	6,0—15,5 16—23,5 23,9—30,0	230—280 290—340 360—410	145—195 195—235 240—275	1 2 3
Укороченные	6,0—15,5 16—23,5 23,9—32,5 32,9—49,5 49,5—55,0	135—175 190—210 240—275 310—335 370—380	55—90 95—115 120—155 160—185 185—200	2 2 3 4 5
Сверла, оснащенные пластинками твердого сплава				
С цилиндрическим хвостовиком	5—8	75—90	40—53	—
С коническим хвостовиком	6—30	120—350	35—200	1—4
С цилиндрическим хвостовиком, с косыми канавками	2,5—10,5	40—130	4—10	—

20. Размеры спиральных сверл для глубокого сверления с отверстиями для внутреннего подвода жидкости



Основные размеры в *мм*					Режущие элементы					Размеры в *мм*					Угол заточки в *град*
					Размеры в *мм*			Спираль		отверстия для охлаждения			хвостовика	шейки	
d	L	l_0	d_1	k	f	B	q	Угол в *град*	Шаг в *мм*	d_2	d_3	l_3	l_1	l_2	α
18	235	155	18	3,50	1,70	11,10	17,01	30	98,20	2,60	10	72	65	12	8
20	250	170	20	3,85	1,85	12,23	18,90		108,30		12				7
25	285	190	26	4,50	2,10	15,08	23,75	31	131,20	3,20	15	82	75		
30	320	215	32	5,25	2,35	17,93	28,50		156,80	3,50	18	92	85		
40	385	250	40	6,80	2,85	23,75	38,20	32	201,60	4,00	25	120	110		6

21. Геометрические параметры сверл двустороннего резания для глубокого сверления



Диаметр сверла в *мм*	Углы сверла в *град*						Размеры в *мм*						
	2φ	α	α_1	γ	λ	*e*	*b*	*a*	*m*	*h*		f_1	*k*
30—50	120	8	15	12	5	70	4,5	6	1,0	0,5	3,5	0,2	3
50—75							6,0	8	1,2	0,8	4,5		4

22. Форма заточки сверл

Диаметр сверла в *мм*	Форма заточки		Обрабатываемый материал
0,25—12		Одинарная (нормальная)	Сталь, стальное литье, чугун
		Одинарная с подточкой перемычки	Стальное литье с $\sigma_в$ до 50 *кГ/мм²* с неснятой коркой
		Одинарная с подточкой перемычки и лезвия	Сталь и стальное литье с $\sigma_в$=50 *кГ/мм²* со снятой коркой
Св. 12 до 80		Двойная с подточкой перемычки и ленточки	Сталь и стальное литье с $\sigma_в$ более 50 *кГ/мм²* со снятой коркой: чугун со снятой коркой
		Двойная с подточкой перемычки	Стальное литье с $\sigma_в$ более 50 *кГ/мм²* с неснятой коркой: чугун с неснятой коркой
		Двойная с подточкой, со срезанным поперечным лезвием	Чугун, снятой коркой

23. Угол наклона винтовых канавок у сверл

Диаметр сверла в *мм*	Угол ω в *град*	Диаметр сверла в *мм*	Угол ω в *град*
0,25—0,45	18—19	4,5—8,4	26—27
0,5—0,95	20—21	8,5—9,9	28
1,0—2,9	22—23	10,0—80,0	30
3,0—4,4	24—25		

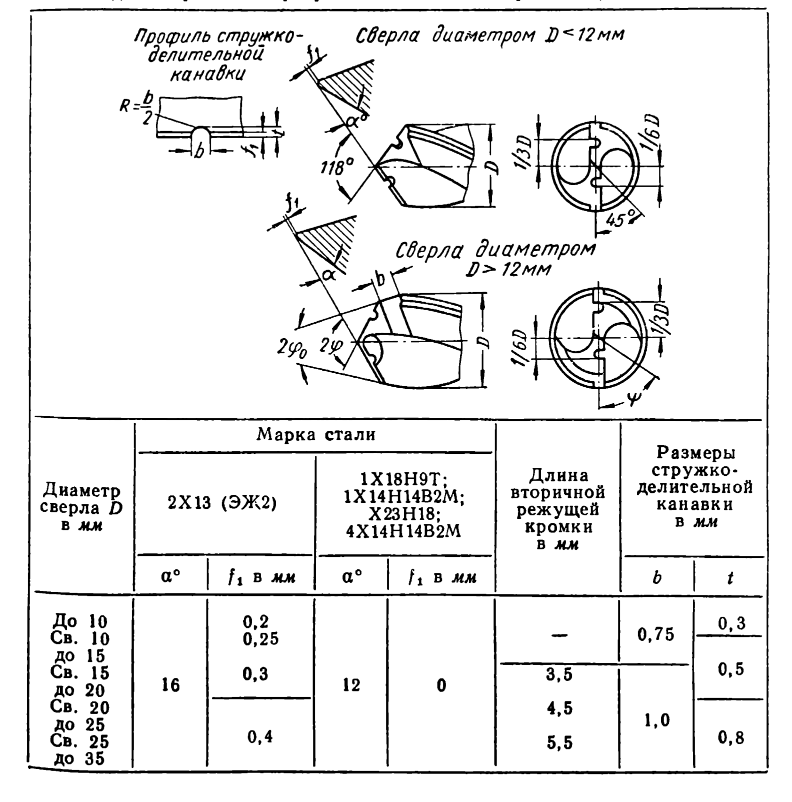
24. Угол 2φ при вершине сверла

Обрабатываемый материал	Угол 2φ в *град*	Угол $2\varphi_0$ при двойной заточке в *град*
Сталь, чугун	116—118	70—80
Красная медь	125	—
Мягкая бронза	130	
Алюминий	130—140	
Целлулоид, эбонит	85—90	

25. Передний и задний углы сверла

Точки на режущей кромке сверла (место замера угла)	Угол сверла в *град*	
	передний	задний
Периферийная	$\gamma=\omega$	8—14
Промежуточная	$\omega>\gamma>4$	$14<\alpha<20$
У вершины	1—4	20—26

26. Геометрические параметры режущей части сверл для сверления жаропрочных сплавов и нержавеющей стали

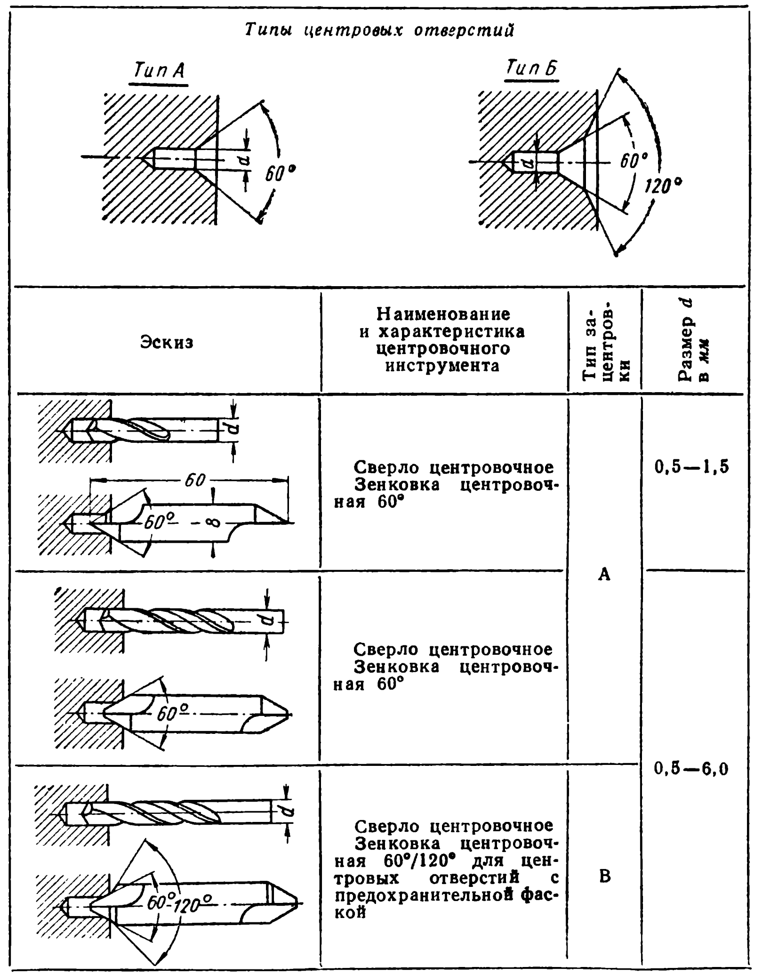


Диаметр сверла *D* в *мм*	Марка стали: 2Х13 (ЭЖ2), α°	Марка стали: 2Х13 (ЭЖ2), f_1 в *мм*	Марка стали: 1Х18Н9Т; 1Х14Н14В2М; Х23Н18; 4Х14Н14В2М, α°	Марка стали: 1Х18Н9Т; 1Х14Н14В2М; Х23Н18; 4Х14Н14В2М, f_1 в *мм*	Длина вторичной режущей кромки в *мм*	Размеры стружкоделительной канавки в *мм*, *b*	Размеры стружкоделительной канавки в *мм*, *t*
До 10	16	0,2	12	0	—	0,75	0,3
Св. 10 до 15		0,25					0,5
Св. 15 до 20		0,3			3,5	1,0	
Св. 20 до 25		0,4			4,5		0,8
Св. 25 до 35					5,5		

При сверлении указанных материалов применяют обильное охлаждение (5%-ная эмульсия). Применение вместо эмульсии 5%-ного водного раствора хлористого бария с добавкой 1%-ного нитрита натрия облегчает процесс стружкообразования, уменьшает до 20% усилия резания, улучшает чистоту обработанной поверхности и повышает скорость резания на 15—20%.

Сверла центровочные, зенковки и специальные. Сведения о типах, размерах и применении сверл приведены в табл. 27—28.

27. Сверла центровочные и зенковки



Эскиз	Наименование и характеристика центровочного инструмента	Тип зацентровки	Размер d в *мм*
	Сверло центровочное Зенковка центровочная 60°	А	0,5—1,5
	Сверло центровочное Зенковка центровочная 60°	А	0,5—6,0
	Сверло центровочное Зенковка центровочная 60°/120° для центровых отверстий с предохранительной фаской	В	0,5—6,0

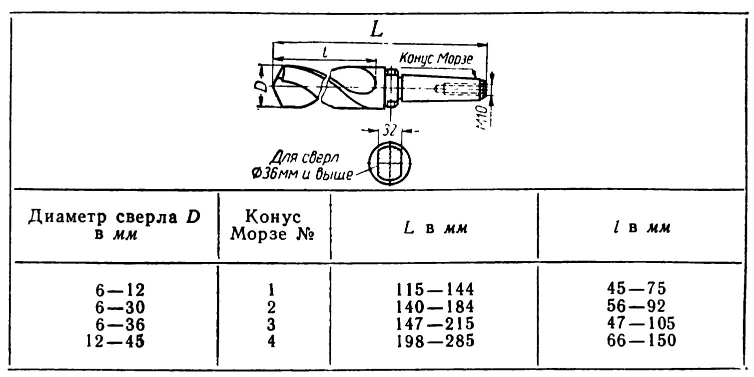
Продолжение табл. 27

Эскиз	Наименование и характеристика центровочного инструмента	Тип зацентровки	Размер d в *мм*
	Сверло центровочное Зенковка центровочная многозубая 60° с коническим хвостовиком	А	8,0—12,0
	Сверло центровочное, комбинированное, двустороннее 60° для центровых отверстий без предохранительной фаски	А	1,5—6,0
	Сверло центровочное, комбинированное, двустороннее 60°/120° для центровых отверстий с предохранительной фаской	В	1,5—6,0
	Сверло центровочное с удлиненным цилиндрическим хвостовиком и прямой канавкой	А	5
	Сверло центровочное удлиненное с коническим хвостовиком и канавкой, расположенной под углом к оси сверла. Применяется для зацентровки отверстий перед сверлением, удаленных от верхней плоскости детали	А	7
	Сверло центровочное удлиненное с прямой канавкой. Применяется для зацентровки отверстий в труднодоступных местах	А	3

Продолжение табл. 27

Эскиз	Наименование и характеристика центровочного инструмента	Тип зацентровки	Размер d в *мм*
Конус Морзе №1; d	Комбинированное центровочное сверло с коническим хвостовиком и спиральными канавками. Применяется для одновременного центрования и сверления отверстий, а также сверления прерывистых отверстий (например, в полках швеллера)	—	5
d; Форма конца хвостовика, допустимая для сверл диаметром 6мм и менее	Сверло центровочное. Изготовляется из стандартного укороченного сверла с максимальной подточкой перемычки. Применяется для зацентровки отверстий перед сверлением	—	3—10
Конус Морзе; d	Двухперовое лопаточное центровочное сверло с коническим хвостовиком. Применяется для зацентровки отверстий перед сверлением	—	6—16

28. Специальные спиральные сверла для работы на координатно-расточных станках



Диаметр сверла D в *мм*	Конус Морзе №	L в *мм*	l в *мм*
6—12	1	115—144	45—75
6—30	2	140—184	56—92
6—36	3	147—215	47—105
12—45	4	198—285	66—150

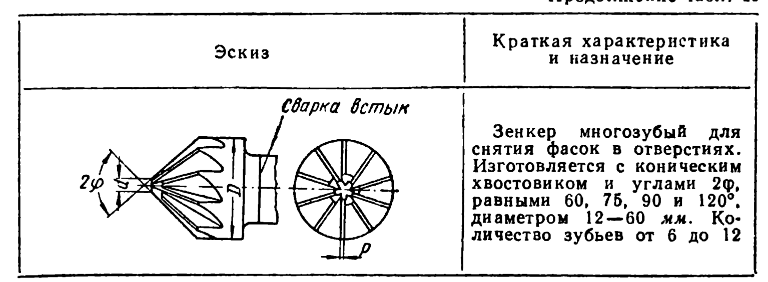
Зенкеры

Зенкеры (табл. 29—33) применяют для обработки отверстий, как необработанных (литых и штампованных), так и предварительно просверленных с целью улучшения чистоты поверхности, повышения точности и исправления геометрии отверстий, а в некоторых случаях и подготовки их к дальнейшему развертыванию.

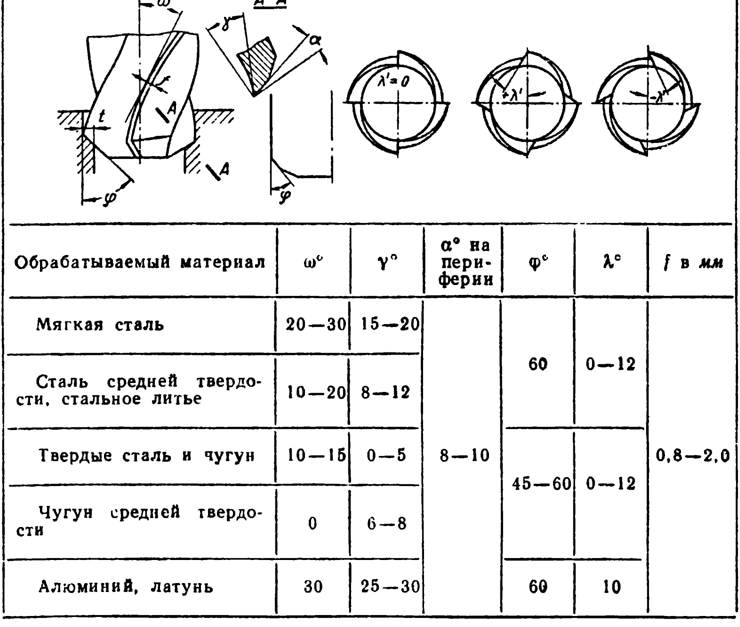
29. Типы зенкеров и их назначение

Эскиз	Краткая характеристика и назначение
Конус Морзе; γ; χ; φ	С коническим хвостовиком. Число зубьев минимум 3. Служат для обработки отверстий под развертывание или для окончательной обработки по 4—5-му классу точности
	Зенкер насадной, цельный. Применяется для обработки отверстий больших диаметров
	Зенкер насадной со вставными ножами
Конус Морзе; 30°; 8°; 20°; 15°; 90°; 8°; 30°	Зенкер с направлением для цилиндрических углублений
6°; D; 45°	Зенкер насадной для обработки торцовых поверхностей
	Зенкер с хвостовиком под быстросменный патрон для обработки торцовых поверхностей

Продолжение табл. 29

Эскиз	Краткая характеристика и назначение
	Зенкер многозубый для снятия фасок в отверстиях. Изготовляется с коническим хвостовиком и углами 2φ, равными 60, 75, 90 и 120°, диаметром 12—60 *мм*. Количество зубьев от 6 до 12

30. Геометрические параметры зенкеров



Обрабатываемый материал	ω°	γ°	α° на периферии	φ°	λ°	f в *мм*
Мягкая сталь	20—30	15—20	8—10	60	0—12	0,8—2,0
Сталь средней твердости, стальное литье	10—20	8—12				
Твердые сталь и чугун	10—15	0—5		45—60	0—12	
Чугун средней твердости	0	6—8				
Алюминий, латунь	30	25—30		60	10	

31. Зенкеры с коническим хвостовиком Морзе трехзубые (по ГОСТу 1676—53)

Размеры в *мм*

D номинальный	Короткие		Длинные		Конус Морзе №
	L	l	L	l	
10—15	140—150	58—68	160—180	78—98	1
16—23	170—190	75—105	200—230	105—135	2
24—32	230—250	110—130	250—290	130—170	3

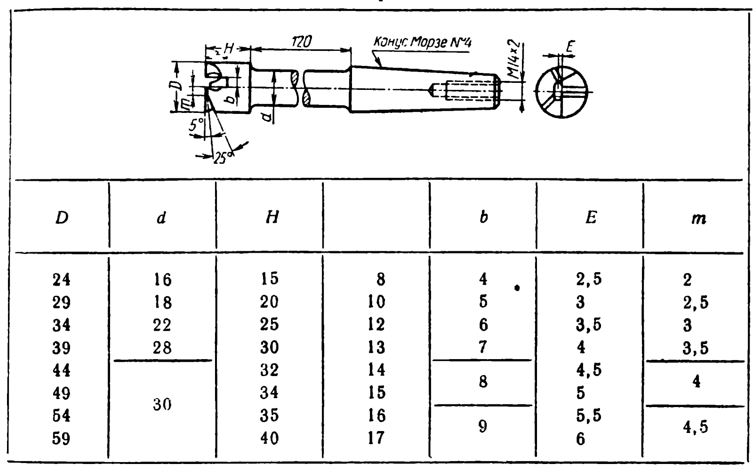
32. Зенкеры с метрическим коническим хвостовиком трехзубые (по ГОСТу 1676—53)

Размеры в *мм*

D	*L*	*d*	Число зубьев	Конусность
34—80	40—65	13—32	4	1 : 30

33. Цековки с коническим хвостовиком

Размеры в *мм*



D	*d*	*H*		*b*	*E*	*m*
24	16	15	8	4	2,5	2
29	18	20	10	5	3	2,5
34	22	25	12	6	3,5	3
39	28	30	13	7	4	3,5
44	30	32	14	8	4,5	4
49		34	15		5	
54		35	16	9	5,5	4,5
59		40	17		6	

Развертки

Развертки (табл. 34—39) предназначены для изготовления точных отверстий с высокой чистотой поверхности, предварительно обработанных сверлом или зенкером. Окончательным развертыванием достигается в зависимости от технологических условий 2—3-й классы точности (а при особо тщательном выполнении даже и 1-й класс) и чистота поверхности в пределах 7—8-го классов.

Развертки общего назначения. Режущая часть состоит из двух конусных поверхностей, направляющего конуса и заборного конуса с углом 2 φ. Число зубьев развертки зависит от ее диаметра и назначения; для разверток повышенной точности и при обработке хрупких металлов (чугун, бронза) число зубьев $z = 1,5\sqrt{D} + 4$, в остальных случаях $z = 1,5\sqrt{D} + 2$, где D — диаметр развертки.

Для предупреждения гранености отверстия зубья по окружности располагают на разном расстоянии один от другого, т. е. применяют неравномерный шаг.

34. Угол наклона винтовых канавок разверток

Вид развертки и обрабатываемый металл	Угол ω в *град*
Цельные развертки:	
серый чугун, твердая сталь	7—8
ковкий чугун, сталь	12—20
легкие сплавы	35—45
Регулируемые развертки (все виды материалов)	3

35. Угол конуса заборной части развертки

Вид обработки и обрабатываемый металл	Угол φ в *град*
Ручные развертки	1—1,5
Машинные развертки.	
для вязких металлов	12—15
для хрупких и твердых металлов	3—5
Развертки для глухих отверстий;	
ручные	45
машинные	60
Развертки с пластинками из твердых сплавов	30—45

36. Развертки машинные цельные по ГОСТу 1672—53

Размеры в *мм*

D	Тип	L		l	l_1	Конус
		Короткие	Длинные			
3—9	I	45—60	65—100	12—20	22—30	—
10—15	II	105—125	140—160	22; 25	—	Морзе 1
16—23	II	135—150	170—220	25; 28	—	Морзе 2
24—32	II	175—190	220—240	28; 30	—	Морзе 3
25—34	III	40	—	30	—	Метрический 1:30
35—44	III	45	—	30	—	Метрический 1:30
45—55	III	50	—	30	—	Метрический 1:30
58—65	III	55	—	32	—	Метрический 1:30
68—75	III	60	—	32	—	Метрический 1:30
78, 80	III	65	—	32	—	Метрический 1:30

37. Развертки цилиндрические мелкоразмерные по ГОСТу 8035—56

Размеры в *мм*

D Основной ряд	*L*	*l*	*D* Основной ряд	*L*	*l*
0,10	18	3	0,36: 0,4	25	8
0,11			0,45: 0,5	28	10
0,12			0,55		12
0,14			0,60; 0,65		
0,16; 0,18	20	4	0,7		
0,2; 0,22	22	5	0,75; 0,8	32	16
0,25; 0,28		6	0,85; 0,9		
0,32	25	8	0,95; 1,00		

38. Развертки машинные диаметрами 6—32 *мм* по ГОСТу 6646—53, оснащенные пластинками твердого сплава

Размеры в *мм*

D	*L*	*l*	*d*	l_1	Число зубьев	Конус Морзе №	Тип
6	95	18	6	25	4	—	I
7			7				
8	100		8	23			
9			9	30			
10—11	140		8	—		1	II
12; 13	150		9; 10				
14	160		10				
15	170		11			2	
16—17		22	12; 13		6		
19; 20; 21	190		15; 16; 17				
22; 23	200		17				
24; 25	220		19—20			3	
26; 27	230	26	20; 21				
28	240		22				
30; 32			23				

39. Развертки машинные диаметрами 34—50 *мм* по ГОСТу 6646—53 *, оснащенные пластинками твердого сплава

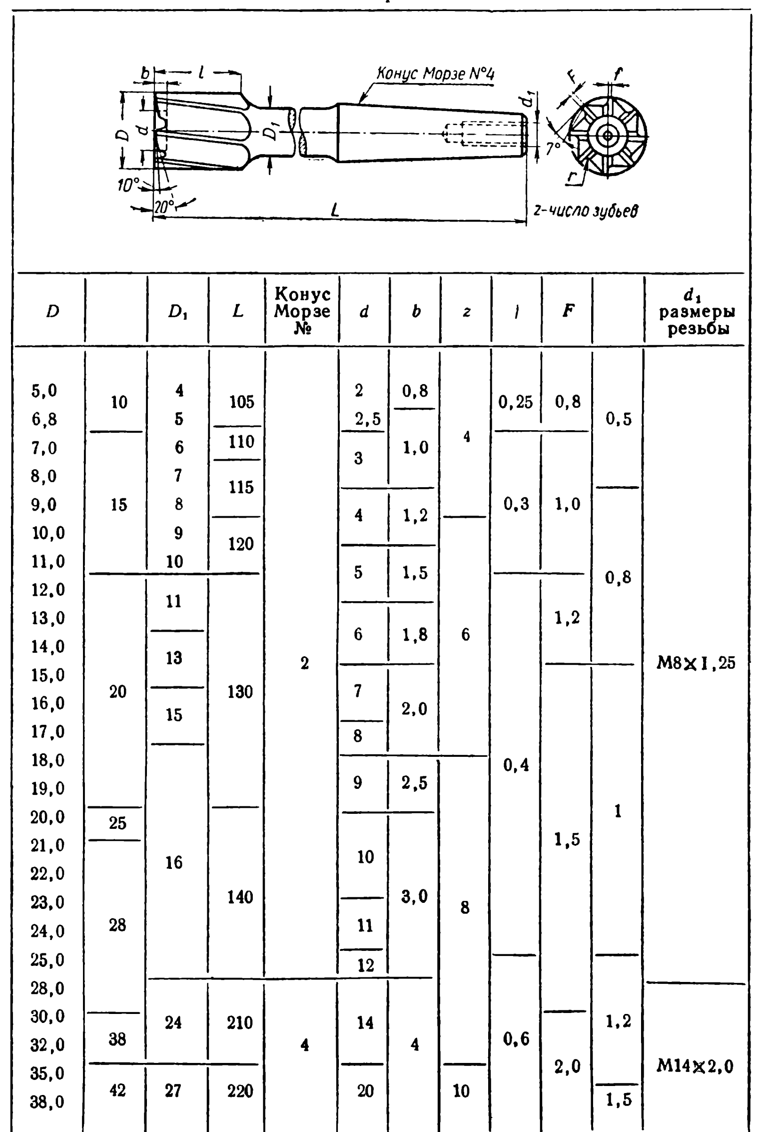
Размеры в *мм*

D	*L*	*l*	Число зубьев
34	40	35	6
35—40	45		8
42—48	50		10
50	55		

* Развертки машинные диаметром свыше 50 *мм* сборной конструкции, оснащенные пластинками твердого сплава по ГОСТу 7723—55, изготовляют диаметром $D = 52 \div 100$ *мм*, длиной $L = 50 \div 70$ *мм*, $l = 30 \div 36$ *мм*, числом зубьев 6 и 8.

40. Развертки прецизионные для координатно-расточных станков с хвостовиком под затяжной винт *

Размеры в *мм*



D		D_1	L	Конус Морзе №	d	b	z	l	F		d_1 размеры резьбы
5,0	10	4	105	2	2	0,8	4	0,25	0,8	0,5	M8×1,25
6,8		5			2,5	1,0					
7,0	15	6	110		3			0,3	1,0		
8,0		7	115								
9,0		8			4	1,2	6			0,8	
10,0		9	120								
11,0		10			5	1,5					
12,0	20	11	130					0,4	1,2		
13,0					6	1,8					
14,0		13									
15,0					7	2,0			1,5	1	
16,0		15									
17,0					8						
18,0		16			9	2,5	8				
19,0											
20,0	25		140		10	3,0					
21,0	28										
22,0											
23,0					11						
24,0											
25,0					12						
28,0		24	210	4	14	4		0,6		1,2	M14×2,0
30,0	38								2,0		
32,0											
35,0	42	27	220		20		10				
38,0										1,5	

Продолжение табл. 40

D	l	D_1	L	Конус Морзе №	d	b	z	f	F		d_1 размеры резьбы
40,0	42	29	220	4	20	4	10	0,6	2,5	1,5	M14×2,0
42,0											
45,0					25	5					
48,0										2,0	
50,0											
55,0					28		12		3,0		
58,0											
60,0					35						
65,0											

* Технические условия на изготовление:

1. Материал режущей части — быстрорежущая сталь марки Р18, калить, отпустить, твердость *HRC* 64—62.

2. Материал хвостовика — сталь марки 40Х, улучшить, твердость *HRC* 40—45.

3. Центровые отверстия 60°, довести по калибру.

4. Допускаемое биение режущей части относительно конуса хвостовика 0,002 *мм*.

5. Допускаемое смещение оси крепежной резьбы относительно оси конуса Морзе не более 0,1 *мм*.

Зубья прецизионных разверток изготовляются с неравномерным шагом (см. табл. 41), что способствует устранению возможных вибраций (дробления), а следовательно, обеспечивает более высокую чистоту поверхности отверстия.

Канавки у развертки делают прямыми. Для обработки отверстий с продольными пазами в стенках, а также отверстий повышенной точности и чистоты канавки у разверток делают винтовыми. Направление винтовой канавки выбирают левое при правом вращении и правое при левом вращении.

Угол наклона винтовых канавок и угол конуса заборной части выбирают в зависимости от обрабатываемого материала по табл. 34 и 35.

Задний угол α принимают равным 7—12° (большее значение — для разверток малых диаметров). Задний угол на калибрующей части равен 0°, так как здесь имеется цилиндрическая ленточка.

Передний угол γ для чистовых разверток и при резании хрупких металлов равен 0°, у разверток с пластинками твердых сплавов 0—5°.

Прецизионные развертки (табл. 40—41) применяют для чистовой обработки сравнительно неглубоких отверстий на координатно-расточных станках.

41. Значение углов при неравномерном шаге зубьев развертки

Число зубьев z	Величины углов (по шагу) в *град*							
4	90	85	90	95				
6	57	63	60	57	63	60		
8	42	44	46	48	42	44	46	48

Особенность этих разверток состоит в том, что режущей частью их являются торцовые зубья, а калибрующей — зубья, расположенные по диаметру. Такие развертки изготовляют с высокой точностью по всем рабочим размерам. Биение конуса Морзе относительно колибрующей цилиндрической части допускается в пределах нескольких микрон. Заборная часть перьев (зубьев) в этих развертках, в отличие от стандартных машинных, отсутствует. Хвостовая часть выполняется конической с различными номерами конусов Морзе. Крепление — в зависимости от шпинделя станка под затяжной винт или с лапкой.

Фрезы

Фрезами обрабатывают плоскости, торцы бобышек и приливов, а также прямоугольные, Т-образные и угловые пазы.

Для работы на расточных станках применяют фрезы, характеристика и размеры которых приведены в табл. 42—47.

Метчики

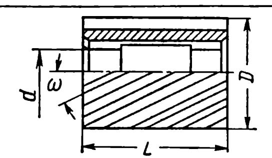
На расточных станках для нарезания резьбы в отверстиях используются машинные метчики метрических, дюймовых, трубных и конических резьб (рис. 4).

Нарезание резьб диаметром от 36 *мм* рекомендуется производить резьбонарезными головками с плоскими плашками (табл. 48).

Износ и стойкость режущих инструментов

Износ режущей части инструментов происходит и по передней и по задней поверхностям, однако при чистовой обработке отверстий с применением охлаждающих жидкостей в большей степени изнашивается задняя поверхность. При обработке на высоких скоростях резания и толщине стружки более 0,1 *мм* резцы и торцовые фрезы изнашиваются главным образом по передней поверхности. Износ задней поверхности является основной причиной потери инструментом режущих свойств. Величина износа определяется шириной образуемой изношенной площадки по задней поверхности резца (зуба), начинающейся от режущей кромки. Примерные величины допустимого износа в зависимости от обрабатываемого материала и материала режущей части резца приведены в табл. 49.

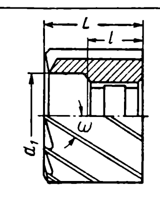
42. Цилиндрические фрезы с мелкими зубьями по ГОСТу 3752—59

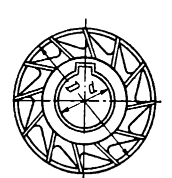


Размеры в *мм*			Число зубьев *z*		Размеры в *мм*			Число зубьев *z*	
D	*d*	*L*	с мелким зубом	с крупным зубом	*D*	*d*	*L*	с мелким зубом	с крупным зубом
40	16	40 50 63	10	—	80	32	63 80 100 125	16	10
50	22	50 63 80	12	6					
63	27	50 63 80 100	14	8	100	40	80 100 125 160	18	10

Примечание. Угол наклона стружечной канавки ω = = 30÷35° для фрез с мелким зубом и ω = 45° для фрез с крупным зубом.

43. Торцовые насадные фрезы по ГОСТу 9304—59
Размеры в *мм*





Размеры в *мм*					Число зубьев *z*	
D	*d*	d_1	*L*	*l*	с мелким зубом	с крупным зубом
40	16	22	32	18	10	—
50	22	28	36	20	12	—
63	27	36	40	22	14	8
80	32	45	45	25	16	10
100	32	56	50	28	18	12

Примечание. Угол наклона стружечных канавок ω = = 25÷30°.

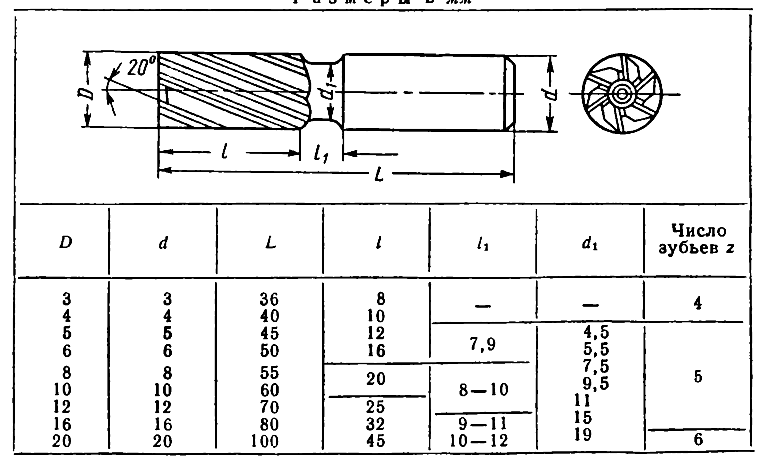
44. Торцовые насадные фрезы со вставными ножами, оснащенными твердыми сплавами по ГОСТу 9473—60

Размеры в *мм*

D	*B*	*h*	*d*		*D*	*B*	*h*	*d* I	*d* II	
80	34	4	27	10	315	66	6	128,57	221,44	24
100	38		32		400					28
125	42		40	14	500	71				34
160		5	50	16	630					40
200				20						
250				24						

45. Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТу 8237—57

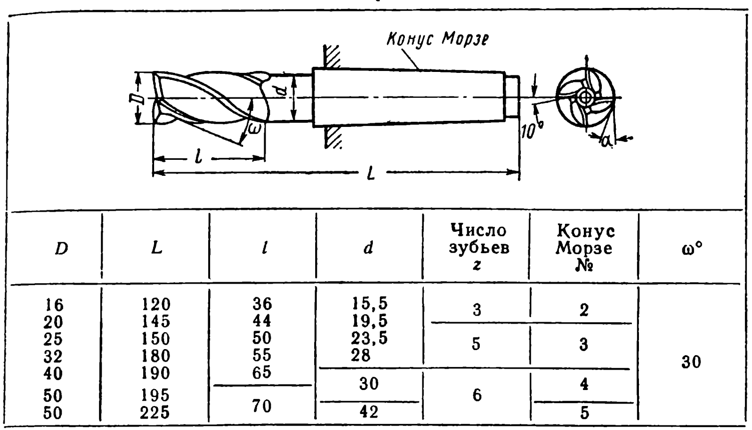
Размеры в *мм*



D	*d*	*L*	*l*	l_1	d_1	Число зубьев *z*
3	3	36	8	—	—	4
4	4	40	10			
5	5	45	12	7,9	4,5	5
6	6	50	16		5,5	
8	8	55	20	8—10	7,5	
10	10	60			9,5	
12	12	70	25		11	
16	16	80	32	9—11	15	
20	20	100	45	10—12	19	6

46. Концевые фрезы с коническим хвостовиком по ГОСТу 8237—57

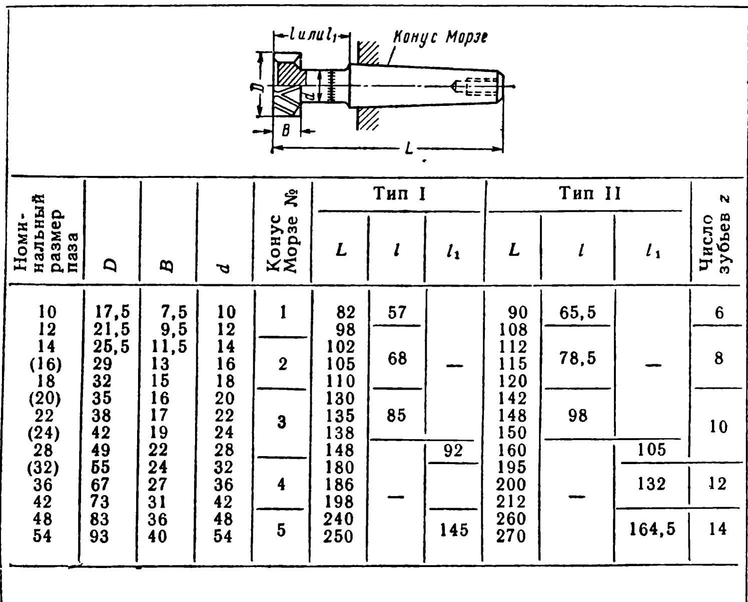
Размеры в *мм*



D	*L*	*l*	*d*	Число зубьев *z*	Конус Морзе №	ω°
16	120	36	15,5	3	2	30
20	145	44	19,5			
25	150	50	23,5	5	3	
32	180	55	28			
40	190	65	30	6	4	
50	195	70				
50	225		42		5	

47. Фрезы для Т-образных пазов по ГОСТу 7063—54

Размеры в *мм*



Номинальный размер паза	*D*	*B*	*d*	Конус Морзе №	Тип I			Тип II			Число зубьев *z*
					L	*l*	l_1	*L*	*l*	l_1	
10	17,5	7,5	10	1	82	57	—	90	65,5	—	6
12	21,5	9,5	12		98	68		108	78,5		8
14	25,5	11,5	14	2	102			112			
(16)	29	13	16		105			115			
18	32	15	18		110			120			
(20)	35	16	20	3	130	85		142	98		10
22	38	17	22		135			148			
(24)	42	19	24		138			150			
28	49	22	28		148	—	92	160	—	105	
(32)	55	24	32	4	180			195		132	12
36	67	27	36		186			200			
42	73	31	42		198			212			
48	83	36	48	5	240		145	260		164,5	14
54	93	40	54		250			270			

Примечание. Фрезы для номинальных размеров, указанных в скобках, применять не рекомендуется.

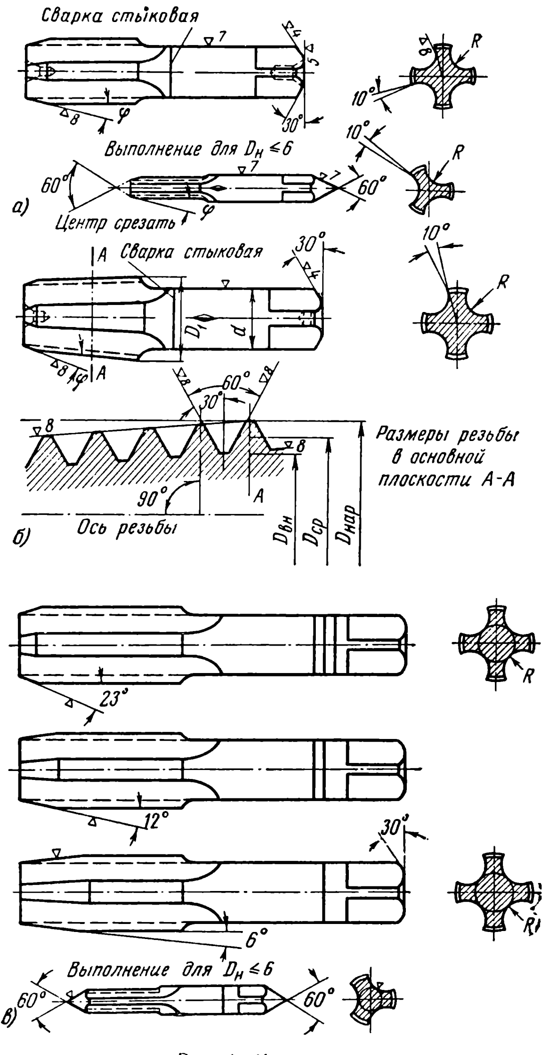


Рис. 4. Метчики:
а — машинные; *б* — конические; *в* — ручные

48. Головки резьбонарезные с плоскими плашками для внутренних резьб конструкции завода «Фрезер»

№ чертежа	Эскиз	Наименование	Размеры резьбы в *мм* (диаметр × × шаг)
КБ-1		Головка резьбонарезная	Внутренняя диаметром 36—39
1В-461		Плашка к головкам КБ-1: типа А (φ=15°), типа Б (φ=30°) и типа В (φ=45°)	36×2 36×1,5 36×1 39×2 39×1,5 39×1
КБ-2		Головка резьбонарезная	Внутренняя диаметром 42—48
1В-463		Плашка к головкам КБ-2: типа А (φ=15°), типа Б (φ=30°), типа В (φ=45°)	42×2 42×1,5 42×1 45×2 45×1,5 45×1 48×2 48×1,5 48×1
КБ-3		Головка резьбонарезная	Внутренняя диаметром 52—60

Продолжение табл. 48

№ чертежа		Наименование	Размеры резьбы в *мм* (диаметр × × шаг)
1В-465	φ; 28°±1°; $30{,}15_{-0{,}017}$; $7{,}78_{-0{,}015}$	Плашка к головкам КБ-3; типа А (φ=15°), типа Б (φ=30°), типа В (φ=45°)	52×3 52×3 52×1,5 56×3 56×2 56×1,5 60×3 60×2 60×1,5

49. Допустимая величина износа инструмента

Материал режущей части инструмента	Обрабатываемый материал	Наименование инструмента	Особенности режима резания	Допустимый износ по задней поверхности в *мм*
Быстрорежущая сталь	Сталь Стальное литье, ковкий чугун	Расточные резцы	С охлаждением Без охлаждения	1,5—2 0,3—0,5
	Серый чугун		Грубая расточка Получистовая расточка	3—4 1,5—2
	Сталь	Сверла Зенкера	Грубая расточка	1,0—1,2 0,5—1,2
	Серый чугун	Сверла Зенкера		1,0—1,2 0,8—1,5
	Сталь, чугун	Развертки	Получистовая обработка	0,6—0,8
Твердые сплавы; Т5-К10	Сталь	Расточные резцы	Обработка на нормальных режимах	0,8—1
Т14-К8 Т15-К6	Сталь	Торцовые фрезы		1,0—1,5
Т30-К4 Т60-К6	$\sigma_в = 80$ *кГ/мм*²	Расточные резцы		0,5—0,8

Продолжение табл. 49

Материал режущей части инструмента	Обрабатываемый материал	Наименование инструмента	Особенности режима резания	Допустимый износ по задней поверхности в *мм*
ВК-8 ВК-6	Чугун	Торцовые фрезы	Обработка на нормальных режимах	0,8—1,0 1,5—2,0
ВК-3 ВК-2	Чугун	Расточные резцы	$s>0,3$ *мм/об* $s\leqslant0,3$ *мм/об*	0,6—0,8 1,4—1,7
Т5-К10	Сталь	Сверла диаметром: 10—18 *мм* 20—30 »	Обработка на нормальных режимах	0,4—0,6 1,0—1,3
ВК-8	Чугун	Зенкера диаметром: до 40 *мм* 40—80 *мм* Развертки диаметром 10—80 *мм*	Обработка на нормальных режимах	1,0—1,2 1,4—1,6 0,4—0,7

Приведенные в табл. 49 величины износа являются максимально допустимыми при указанных обрабатываемых материалах и невысоких точностях обработки. В тех же случаях, когда расточка отверстий сопряжена с требованиями высокой точности отверстия и чистоты обрабатываемой поверхности 5—6-го классов или обрабатываемый материал требует особых режимов резания, допустимая величина износа инструмента должна быть уменьшена и, следовательно, инструмент необходимо чаще перетачивать.

Стойкость инструмента. Период времени, в течение которого инструмент находится непосредственно в работе (время резания) от одной переточки до следующей, называется стойкостью инструмента. Стойкость инструмента измеряется в минутах и обозначается буквой T. Стойкость инструмента зависит от ряда факторов, основными из которых являются: материал режущей части и геометрия ее исполнения, качество термической обработки инструмента, обрабатываемость материала, эффективность охлаждения и выбранный режим резания. Средние величины стойкости расточных резцов приведены в табл. 50.

50. Средние величины стойкости расточных резцов *

Размеры резцов в *мм*	Средние стойкости T в *мин*		
	для резцов из быстрорежущей стали		Для резцов с твердым сплавом по стали и чугуну
	По стали	По чугуну	
До 20×30	30—50	40—60	25—40
Св. 20×30	35—60	50—75	40—75

* Средние стойкости различных инструментов следует выбирать по справочнику «Нормативы стойкости инструмента», разработанному научно-исследовательским бюро технических нормативов (НИБТН).

Материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов

Для изготовления режущих инструментов применяют углеродистую, легированную, быстрорежущую инструментальную сталь, металлокерамические твердые сплавы и алмазы.

Материал для режущей части инструмента выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, режимов резания и условий обработки.

В табл. 51—55 приведены сведения о материалах и примерные рекомендации по их применению для изготовления режущих инструментов.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Поскольку многие виды вспомогательного инструмента являются общими для всех типов станочного оборудования и в большинстве своем этот инструмент является стандартным, ниже даются сведения только

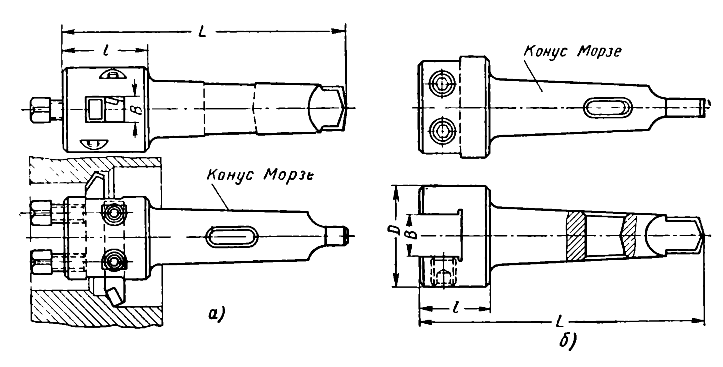


Рис. 5. Короткие расточные оправки:
а — для двух резцов; *б* — для одного резца

о специальных вспомогательных инструментах, применяемых при обработке материалов на горизонтально-расточных, алмазно-расточных и координатно-расточных станках.

Вспомогательные инструменты, применяемые при работе на горизонтально-расточных станках, условно можно разделить на три группы: консольные или концевые инструменты, двухопорные, расточные головки и патроны.

Консольные или концевые инструменты. Короткие концевые оправки (рис. 5) применяют при расточке отверстий, диаметр которых больше диаметра шпинделя станка. Размер *B* выбирают по квадрату применяемого резца, а размеры *D*, *L* и *l* — соответственно габаритным размером резца и растачиваемого отверстия. Хвостовик оправки делают коническим. Номер конуса соответствует габаритным размерам оправки.

Удлиненные концевые оправки (табл. 56) применяют при обработке отверстий, диаметр которых меньше диаметра шпинделя станка.

51. Характеристика и примерное назначение углеродистой инструментальной стали

Марка	Содержание элементов в №				Особые свойства	Примерное назначение
	C	Mn	Si	Cr		
У7 У7А	0,65—0,74	0,20—0,40 0,15—0,30	0,15—0,35 0,15—0,30	0,20 0,15	Обладают большой вязкостью и достаточной твердостью. Хорошо сопротивляются ударам	Кузнечные штампы, обжимки, слесарный инструмент
У8 У8А	0,75—0,84	0,20—0,40 0,15—0,30	0,15—0,35 0,15—0,30	0,20 0,15	Обладают повышенной твердостью и достаточной вязкостью	Слесарный инструмент, матрицы и пуансоны простой формы, ножницы и ножи по металлу, пневматический инструмент
У8Г У8ГА	0,80—0,90	0,35—0,60	0,15—0,35 0,15—0,30	0,20 0,15		
У9 У9Н	0,85—0,94	0,15—0,35 0,15—0,30	0,15—0,35 0,15—0,30	0,20 0,15	Обладают хорошими режущими свойствами	Инструмент для обработки дерева: резьбонарезной, опиловочный и измерительный инструмент
У10 У10А	0,95—1,04	0,15—0,35 0,15—0,30	0,15—0,35 0,15—0,30	0,20 0,15		
У11 У11А	1,05—1,14	0,15—0,35 0,15—0,30	0,15—0,35 0,15—0,30	0,20 0,15	Обладают высокой твердостью	Сверла, развертки, резьбонарезной инструмент для умеренных скоростей резания
У12 У12А	1,15—1,24	0,15—0,35	0,15—0,35 0,15—0,30	0,20 0,15		
У13 У13А	1,25—1,35	0,15—0,35 0,15—0,30	0,15—0,35 0,15—0,35	0,20 0,15	Повышенная износоустойчивость, но с незначительной механической прочностью	Опиловочный, волочильный и граверный инструмент

52. Химический состав легированной инструментальной стали

Марка	Группа	Содержание элементов в %						
		C	Mn	Si	Cr ≤	W	V	Mo
X12	Хромистая	2,00—2,30	≤0,35	≤0,40	11,50—13,00	—	—	—
X12M		1,45—1,70			11,0—12,50	0,15—0,30		0,4—0,6
ХГ		1,30—1,50	0,45—0,70	≤0,35	1,30—1,60	—		
Х		0,95—1,10	≤0,40					
Х09					0,75—1,05			
9Х		0,80—0,95	0,25—0,35	0,25—0,45	1,40—1,70			
Х05		1,26—1,40	0,20—0,40	≤0,35	0,40—0,60			
7Х3		0,60—0,75			3,20—3,80			
8Х3		0,76—0,85						
4ХС	Хромо-кремнистая	0,35—0,45	≤0,40	1,20—1,60	1,30—1,60			
6ХС		0,60—0,70		0,60—1,00	1,00—1,30			
9ХС		0,85—0,95	0,30—0,60	1,20—1,60	0,95—1,25			
ХГС	Хромокремне-марганцовая	0,95—1,10	0,80—1,20	0,50—1,00	1,40—1,80			
Ф	Ванадиевая	0,95—1,05	0,20—0,40	≤0,35	—	0,20—0,40		
85ХФ	Хромо-ванадиевая	0,80—0,90	0,30—0,60	≤0,35	0,45—0,70	0,15—0,30		
8ХФ		0,75—0,85	0,20—0,40		0,50—0,80			

Продолжение табл. 52

Марка	Группа	Содержание элементов в %						
		C	Mn	Si	Cr ⩽	W	V	Mo
B1	Вольфрамовая	1,05—1,25	0,20—0,40	⩽0,35	0,10—0,30	0,05—0,30	0,80—1,20	—
3Х2В8	Хромо-вольфрамовая	0,30—0,40	0,20—0,40	⩽0,35	2,20—2,70	0,20—0,50	7,50—9,00	
4Х8В2		0,35—0,45			7,00—9,00		2,00—3,00	
ХВ5		1,25—1,50	⩽0,30	⩽0,30	0,40—0,70	0,15—0,30	4,50—5,50	
4ХВ2С	Хромо-вольфрамо-кремнистая	0,35—0,44		0,60—0,90				
5ХВ2С		0,45—0,54	0,20—0,40	0,50—0,80	1,00—1,30		2,00—2,50	—
6ХВ2С		0,55—0,65				—	2,20—2,70	
ХВГ	Хромо-вольфрамо-марганцовая	0,90—1,05	0,80—1,10		0,90—1,20		1,20—1,60	
9ХВГ		0,85—0,95	0,90—1,20	0,15—0,35	0,50—0,80		0,50—0,80	
5ХВГ		0,55—0,70						
Х6ВФ	Хромо-вольфрамо-ванадиевая	1,00—1,15	⩽0,45	⩽0,35	5,50—7,00	0,50—0,70	1,10—1,50	0,35 Ni
5ХНМ	Хромо-никелевая	0,50—0,60	0,50—0,80	⩽0,35	0,50—0,80	—	1,40—1,80 Ni	0,15—0,30 Ni
5ХНТ					0,90—1,25			0,80—0,15 Ti
5ХГМ	Хромо-марганцо-молибденовая	0,50—0,60	1,20—1,60	0,25—0,65	0,60—0,90		—	0,15—0,30 Ni

53. Химический состав быстрорежущей стали

Марка	Содержание элементов в %					
	C	Cr	W	V	Mo	Co
Р9	0,85—0,95			8,50—10,00		—
Р9К5	0,90—1,00	3,80—4,40	2,00—2,60		0,30	5,00—6,00
Р9К10				9,00—10,50		9,50—10,50
Р9Ф5	1,40—1,50				0,40	—
Р10К5Ф5	1,45—1,55	4,0—4,60	4,30—5,10	10,50—11,50	0,30	5,00—6,00
Р14Ф4	1,20—1,30		3,40—4,10	13,00—14,50	0,40	
Р18	0,70—0,80		1,00—1,40		0,30	
Р18К5Ф2	0,85—0,95	3,80—4,40		17,50—19,00		5,00—6,00
Р18Ф2			1,80—2,40		0,50	—

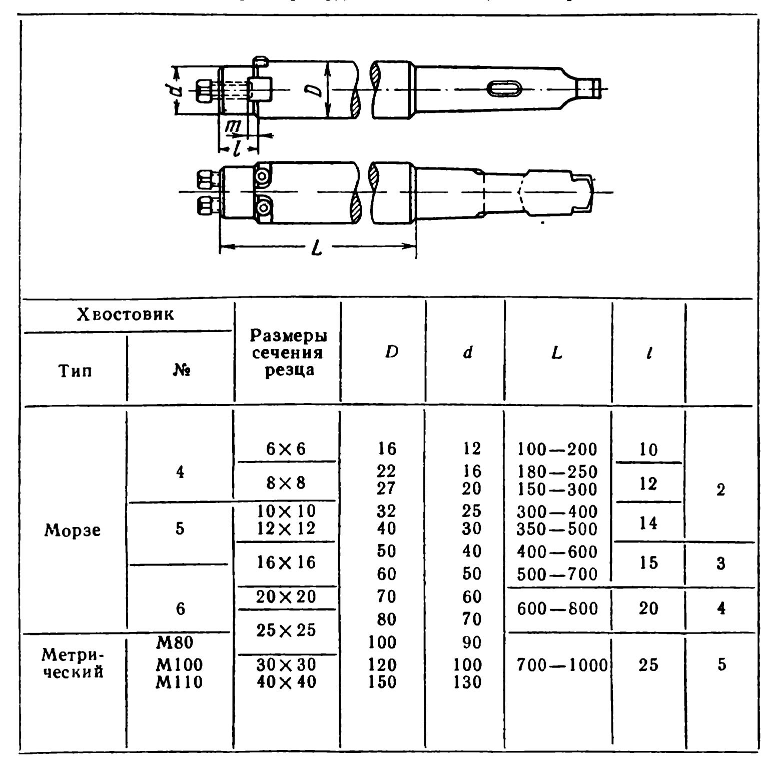
54. Рекомендуемые марки легированной и быстрорежущей стали для изготовления режущих инструментов

Марка	Инструмент	Характеристика обрабатываемого материала
Р9, Р18, Р12, Р18Ф2	Резцы	*НВ* 280
Р14Ф4, Р18Ф2К5, Р9Ф2К5		*НВ* 280—320
ХВ5, Р14Ф4		Твердые материалы при умеренных скоростях резания
Р9, Р18	Сверла	*НВ* 280
Р18Ф2К5, Р10Ф5К5, Р10Ф2К10		До *НВ* 280 при тяжелых режимах резания
9ХС, ХГСВФ	Сверла	Мягкие материалы при умеренных режимах резания
Р9, Р18, Х06, ХВ, ХГСВФ	Развертки	Сталь, чугун, бронза, алюминий при нормальных режимах резания
Р12	Зенкеры	Сталь, чугун при повышенных режимах резания
ХГСВФ		Мягкие материалы при нормальном режиме резания
Р9, Р18	Фрезы дисковые	Все материалы нормальной твердости и нормальных режимах резания
ХГСВФ, 9ХС, Р12, Р18	Фрезы концевые и цилиндрические	
Р12, Р18, Х06	Метчики машинные	Все материалы с нормальной твердостью
У11А, ХВ, Р12	Метчики ручные	

55. Химический состав металлокерамических твердых сплавов, применяемых для изготовления режущих инструментов

Марка	Содержание элементов в %				Примерное назначение
	Карбид вольфрама	Карбид титана	Карбид тантала	Кобальт	
ВК2	98	—	—	2	Резцы, развертки для обработки чугуна, цветных металлов и сплавов, закаленной стали
ВК3М	97	—	—	3	Инструменты для обработки чугуна, закаленной и легированной стали
ВК4	96	—	—	4	Резцы, фрезы, зенкеры для черновой обработки
ВК6	94	—	—	6	Инструменты для обработки жаропрочной и нержавеющей стали, отбеленного чугуна, твердой бронзы
ВК6В					Резцы, зенкеры для черновой и чистовой обработки
ВК8	92	—	—	8	Инструменты для черновой обработки чугуна, цветных металлов и пластмассы
Т5К10 Т5К12В Т14К8	85 83 78	6 5 14	— — —	9 12 8	Инструменты для тяжелых условий обработки стали
Т15К6	79	15	—	6	Инструменты для всех видов обработки углеродистой и легированной стали
Т30К4	66	30	—	4	Резцы для черновой обработки твердой и закаленной стали
Т17К12 ТТ7К12	81	4	3	12	Инструменты для тяжелой черновой обработки

56. Основные размеры удлиненных концевых оправок в *мм*



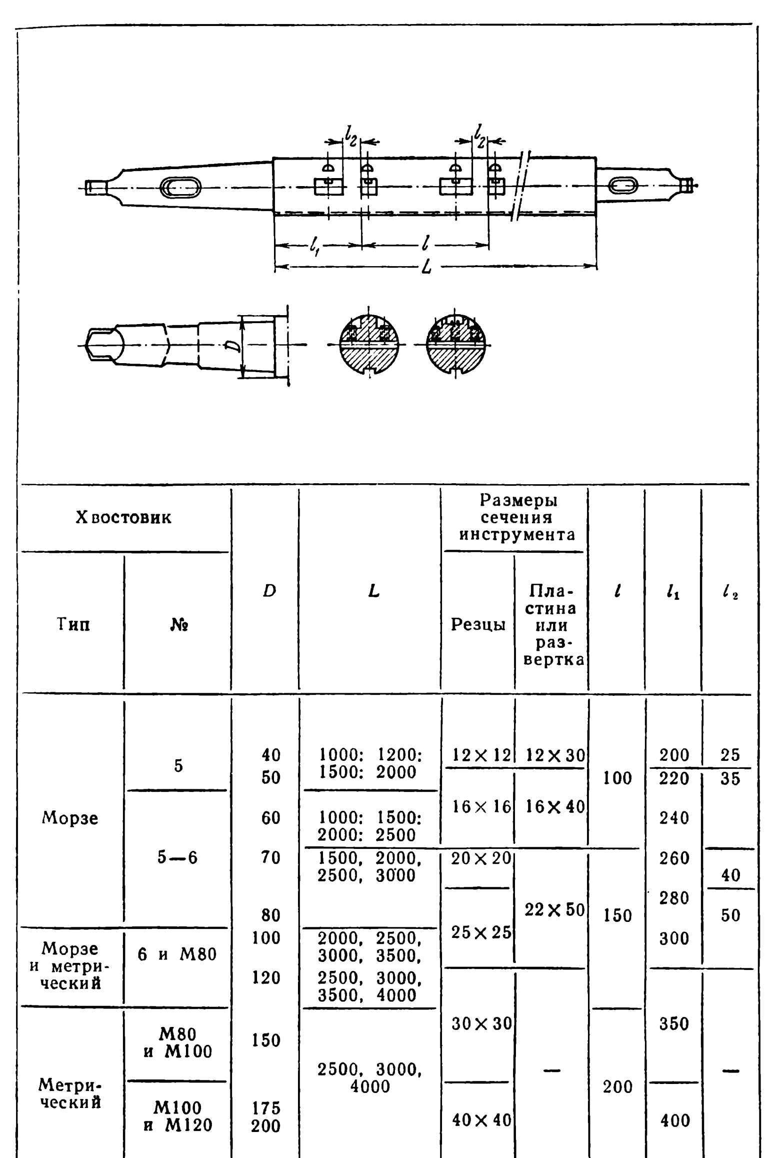
Хвостовик: Тип	Хвостовик: №	Размеры сечения резца	D	d	L	l	
Морзе	4	6×6	16	12	100—200	10	2
		8×8	22	16	180—250	12	
			27	20	150—300		
	5	10×10	32	25	300—400	14	
		12×12	40	30	350—500		
	—	16×16	50	40	400—600	15	3
			60	50	500—700		
	6	20×20	70	60	600—800	20	4
		25×25	80	70			
Метрический	M80		100	90	700—1000	25	5
	M100	30×30	120	100			
	M110	40×40	150	130			

Двухопорные инструменты — борштанги (табл. 57). С целью сокращения номенклатуры универсальные борштанги изготовляют с двумя различными коническими хвостовиками на концах. Это позволяет использовать одну и ту же борштангу на различных станках. Коническим хвостовиком борштангу закрепляют в шпинделе станка, а цилиндрическую часть противоположной стороны — во втулке люнета задней стойки.

По всей длине борштанги имеются отверстия для установки и закрепления резцов. В некоторых конструкциях борштанг делают прямоугольные окна для установки пластинчатых резцов и плавающих разверток и продольный шпоночный паз для закрепления разъемных блоков и насадных расточных головок, а также продолговатые отверстия для размещения штихмасса при замере растачиваемого отверстия.

Расточные головки и патроны: двухрезцовые расточные головки, насадные головки для концевых оправок и борштанг, различный инструмент с радиальной подачей резца.

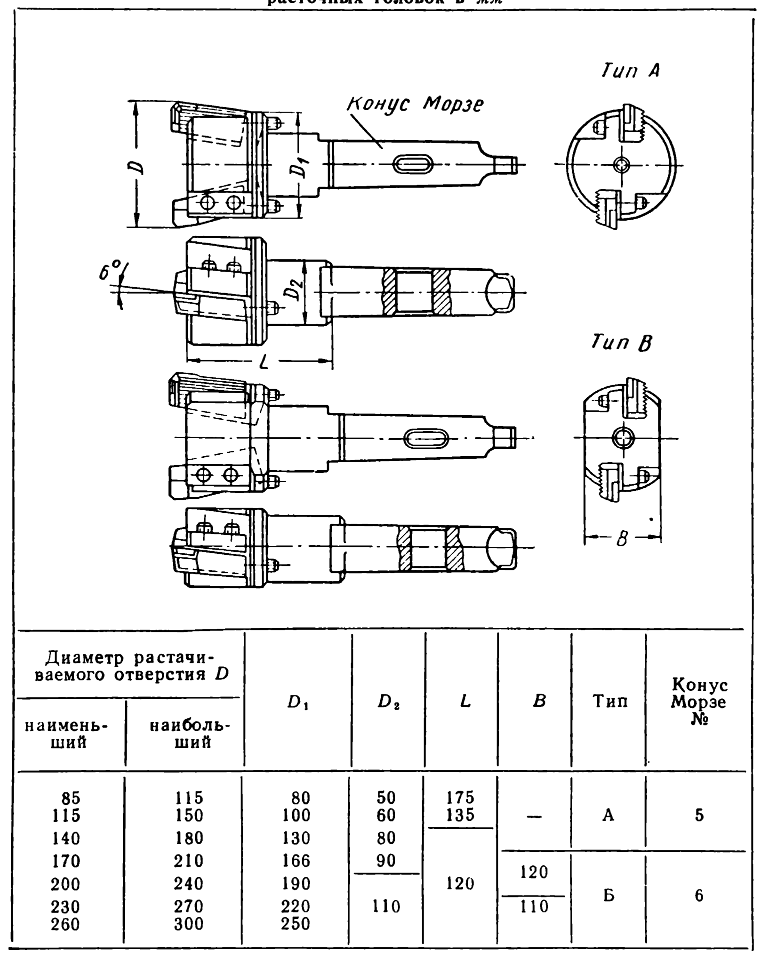
57. Основные размеры борштанг в *мм*



Хвостовик Тип	Хвостовик №	D	L	Размеры сечения инструмента: Резцы	Размеры сечения инструмента: Пластина или развертка	l	l_1	l_2
Морзе	5	40	1000: 1200: 1500: 2000	12×12	12×30	100	200	25
Морзе	5	50	1000: 1200: 1500: 2000	16×16	16×40	100	220	35
Морзе	5—6	60	1000: 1500: 2000: 2500	16×16	16×40	100	240	35
Морзе	5—6	70	1500, 2000, 2500, 3000	20×20	22×50	150	260	40
Морзе	5—6	80	1500, 2000, 2500, 3000	25×25	22×50	150	280	50
Морзе и метрический	6 и M80	100	2000, 2500, 3000, 3500,	25×25	22×50	150	300	50
Морзе и метрический	6 и M80	120	2500, 3000, 3500, 4000	30×30	—	150	350	—
Метрический	M80 и M100	150	2500, 3000, 4000	30×30	—	200	350	—
Метрический	M100 и M120	175	2500, 3000, 4000	40×40	—	200	400	—
Метрический	M100 и M120	200	2500, 3000, 4000	40×40	—	200	400	—

Концевые двухрезцовые расточные головки (табл. 58) применяют для обработки отверстий диаметром 85—300 *мм*.

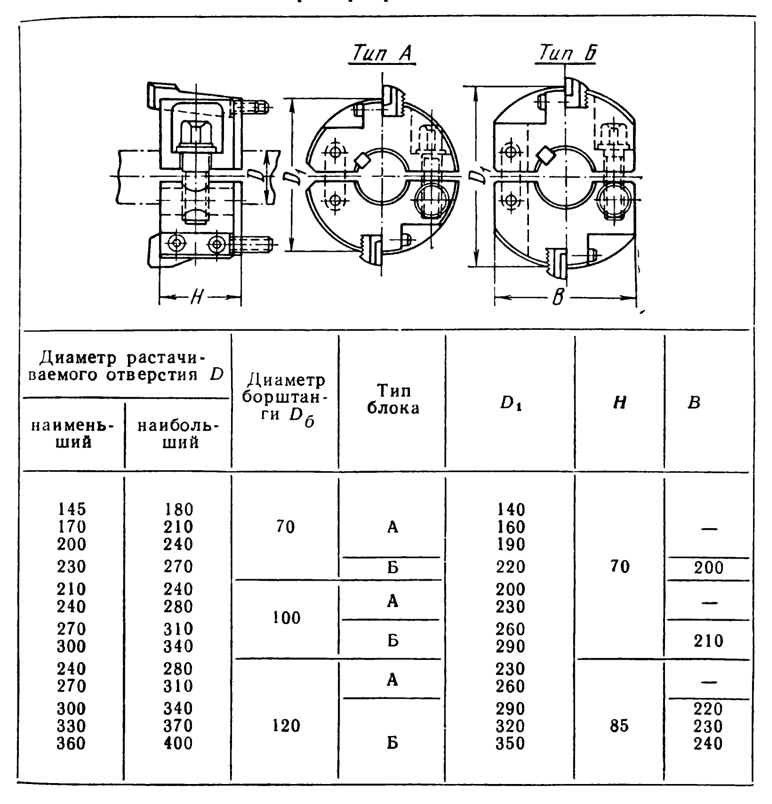
58. Основные размеры концевых двухрезцовых расточных головок в *мм*



Диаметр растачиваемого отверстия D: наименьший	Диаметр растачиваемого отверстия D: наибольший	D_1	D_2	L	B	Тип	Конус Морзе №
85	115	80	50	175	—	А	5
115	150	100	60	135			
140	180	130	80	120			
170	210	166	90		120	Б	6
200	240	190	110				
230	270	220			110		
260	300	250					

Разъемные блоки (табл. 59) представляют собой многорезцовые инструменты, устанавливаемые на борштангах. Они состоят из двух, шарнирно связанных между собой половин, которые образуют отверстие, равное диаметру борштанги. Резцы в этих блоках могут быть установлены предварительно налаженными на заданный размер или налаживаться после установки блока непосредственно на станке.

59. Основные размеры разъемных блоков в *мм*



Диаметр растачиваемого отверстия D		Диаметр борштанги $D_б$	Тип блока	D_1	H	B
наименьший	наибольший					
145	180	70	А	140	70	—
170	210			160		
200	240			190		
230	270		Б	220		200
210	240	100	А	200		—
240	280			230		
270	310		Б	260		210
300	340			290		
240	280	120	А	230	85	—
270	310			260		
300	340		Б	290		220
330	370			320		230
360	400			350		240

В зависимости от конструкции разъемные блоки могут быть использованы для расточки отверстий диаметром до 400—500 *мм*.

Насадные головки применяют для расточки отверстий до 600—850 *мм*. Двухрезцовая расточная головка (рис. 6) к борштанге диаметром 180 *мм* предназначена для расточки отверстий диаметром 380—580 *мм*. Диаметр растачиваемого отверстия изменяется за счет регулировки резцов при помощи винта *1* и ползуна *2*. Отсчет величины перемещения осуществляется по делениям, имеющимся на торце винта. Цена одного деления 0,05 *мм*.

Насадная головка (рис. 7) предназначена для консольной расточки отверстий. Головку устанавливают диаметром d выточки на оправку и крепят винтами на резьбовые отверстия *5* корпуса головки *1*.

Резцы *3* прижимают к задней стенке резца корпуса винтами *2*, а регулировка их в радиальном направлении осуществляется винтами *4*. Такая головка позволяет растачивать отверстия диаметром 250—600 *мм*.

Двухрезцовая расточная головка (рис. 8) позволяет растачивать отверстия диаметром 400—850 *мм* благодаря наличию сменных колодок *1*, закрепленных откидными винтами *2* к корпусу *3*.

Оправка с точной регулировкой резца (рис. 9) позволяет перемещать резец в радиальном направлении с высокой точностью (до 0,005 *мм*) благодаря эксцентричному расположению отверстия под резцедержатель *3* в головке *2* относительно корпуса *1* оправки.

На внешней поверхности головки нанесены деления, с помощью которых и ведется отсчет радиальной подачи резца. Взаимное положение корпуса *1* и головки *2* после регулировки фиксируется затяжкой болтов *4*.

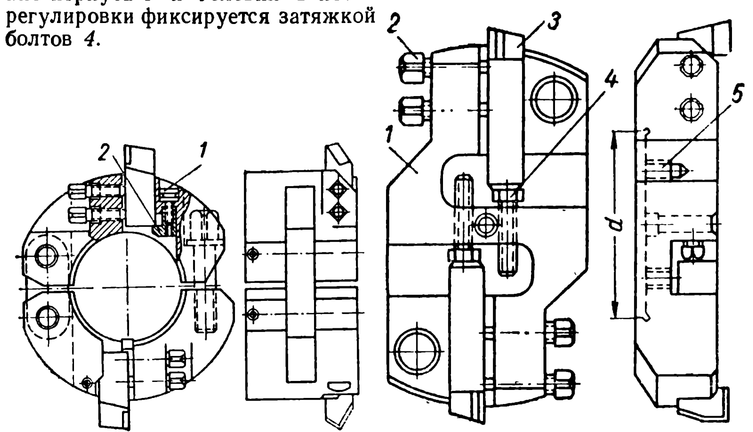


Рис. 6. Насадная головка

Рис. 7. Насадная головка для консольной расточки отверстий

Концевая расточная оправка с механизированной регулировкой резца (рис. 10). Резец устанавливают в отверстие гильзы *9*, вставленный в корпус *2* и затягивают винтом *1*. При вращении кольца-гильзы *4* движение передается с помощью несложного механизма на звездочку *5*, а затем через цепь *6* на звездочку *7* и жестко с ней связанную резьбовую втулку *8*, которая, вращаясь, сообщает гильзе *9* с резцом радиальное перемещение. На оси звездочки *5* имеется лимб *3*, с делениями на торце для отсчета величины подачи резца.

Преимущество такой оправки состоит в том, что она позволяет производить регулировку резца, не останавливая вращение шпинделя станка.

Расточный патрон (рис. 11) предназначен для расточки отверстий диаметром от 75 *мм*. В ползуне *1* резец прямоугольного сечения закрепляют в пазу винтами *5*. При вращении микрометрического винта *4* ползун перемещается по направляющим типа «ласточкина хвоста» корпуса *3*. Ползун в отрегулированном положении фиксируется винтом *2*. Размеры таких расточных патронов могут быть различными в зависимости от назначения (диаметра обрабатываемого отверстия) и определяются размерами *D*, *B*, *L* и *H*. Отсчет радиального перемещения резца производится по шкале.

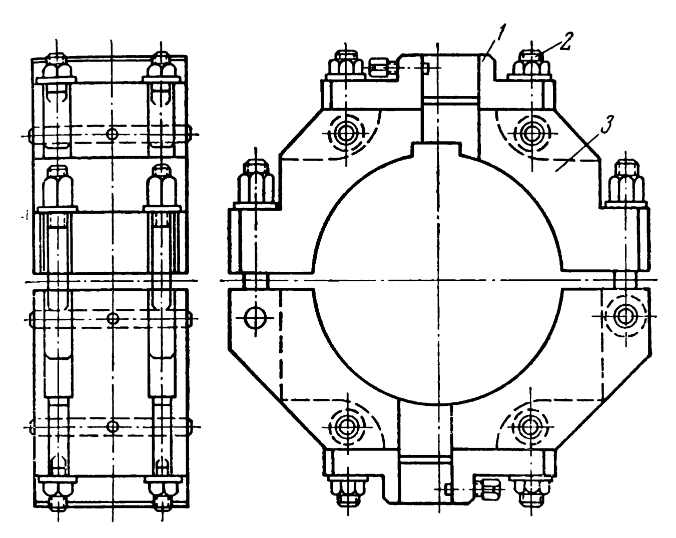


Рис. 8. Двухрезцовая расточная головка со сменными колодками

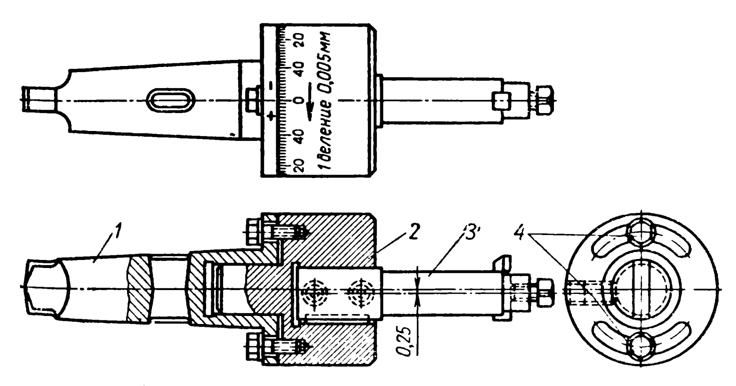


Рис. 9. Оправка с точной регулировкой резца

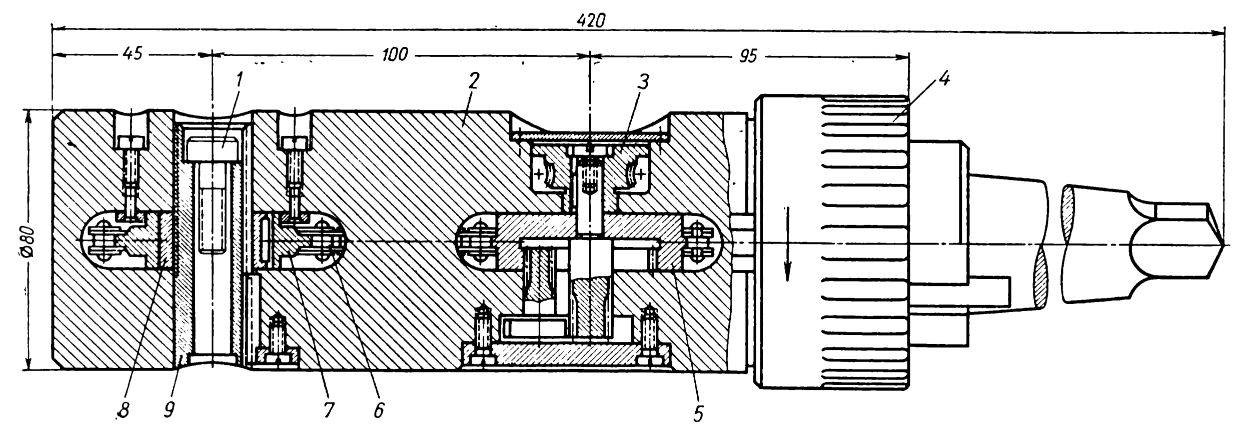


Рис. 10. Оправка с механизированной регулировкой резца

Расточные патроны. (рис. 12) применяют на станках с диаметром шпинделя 100 *мм* и более.

Ползун *3* соединен с корпусом *1* направляющими типа «ласточкин хвост». Зазор по направляющим выбирают винтами *8* и клином *2*.

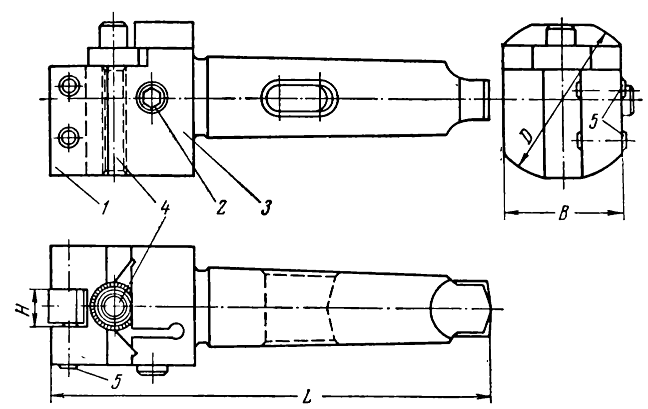


Рис. 11. Патрон для растачивания отверстий диаметром >75 *мм*

Радиальное перемещение ползуна с резцом, закрепляемым в пазу *H*, осуществляется при помощи винта *5* и гайки *6*. Зазор по резьбовому соединению винта *5* и гайки *6* выбирается с помощью регулировочного винта *7*.

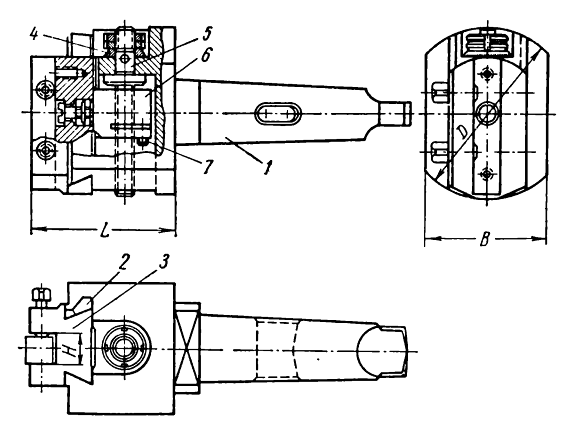


Рис. 12. Расточной патрон к станкам с диаметром шпинделя более 100 *мм*

Расточной патрон (рис. 13, *а*) применяют при обработке отверстий диаметром 30—80 *мм*. При поворачивании винта *1* ползун *2* перемещается по пазу корпуса *3* и стопорится винтом *5*. Гайка *6*, изготовляемая из бронзы, в ползуне закрепляется жестко. Зазор между ползуном

и направляющими корпуса выбирается за счет точной пригонки компенсатора *5*.

Отсчет величины радиальной подачи резца ведется по шкале, нанесенной по конической части головки винта, цена деления которой соответствует 0,01 *мм*. Резец устанавливается в отверстии ползуна диаметром 14 *мм*.

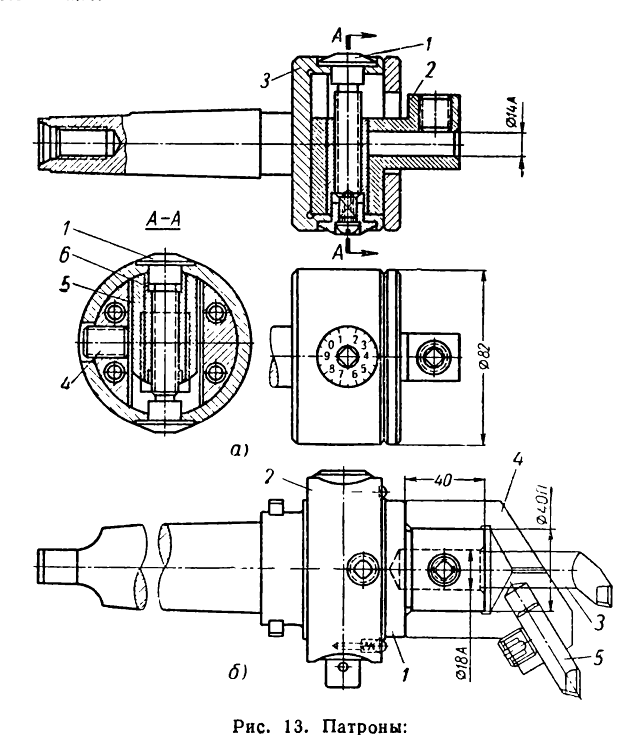


Рис. 13. Патроны:
а — для растачивания отверстий диаметром 30—80 *мм*; *б* — с дополнительной насадкой для растачивания отверстий 40—200 *мм*

Расточной патрон (рис. 13, *б*) имеет дополнительную насадку *4*, устанавливаемую на внешнюю часть ползуна по диаметру 40П *мм*. Без насадки резец *3* или оправку устанавливают в отверстие диаметром 18 *мм* ползуна *1*, а для расточки отверстий больших диаметров резец *5* устанавливают в отверстие насадки, расположенное под углом 45°, и закрепляют винтом *6*.

Расточные головки с микрометрическим регулированием резца (рис. 14) применяют для чистового растачивания отверстий борштангами с опорой в задней стойке и консольными оправками.

Однорезцовый блок с микрометрическим регулированием резца

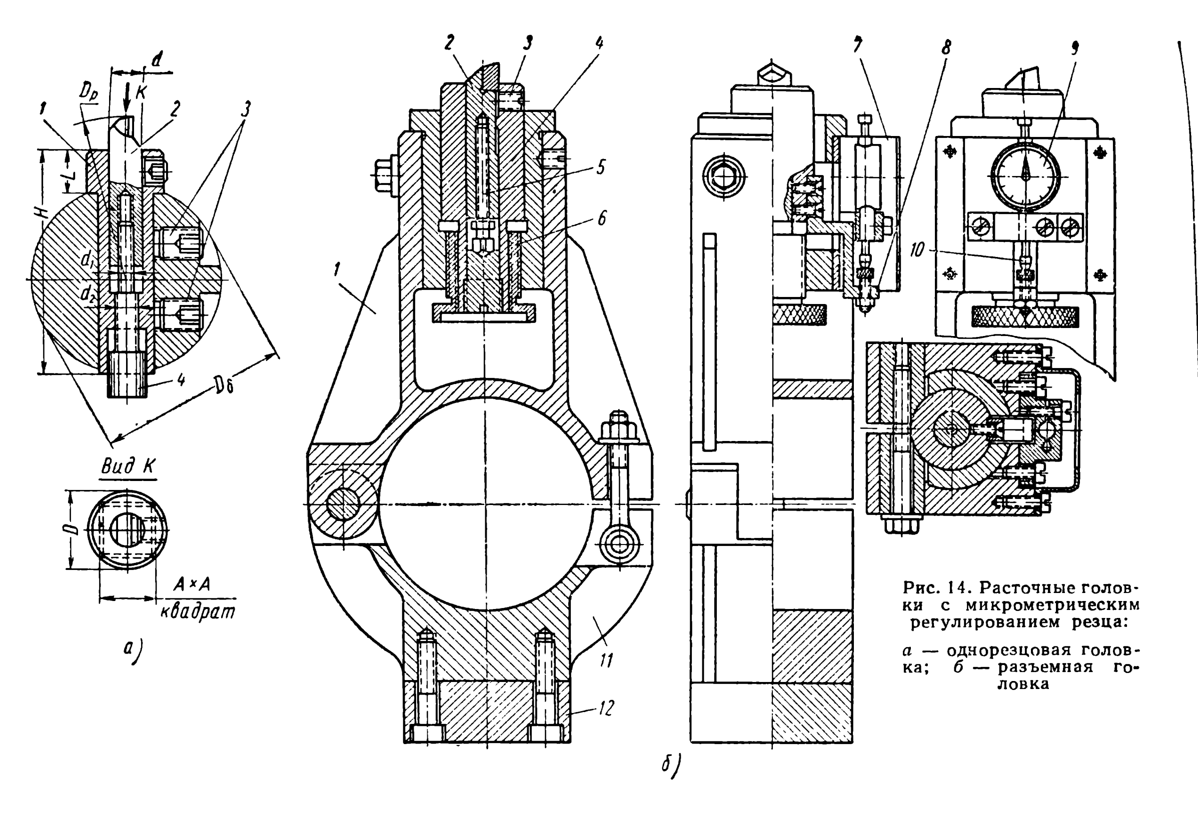


Рис. 14. Расточные головки с микрометрическим регулированием резца:

а — однорезцовая головка; *б* — разъемная головка

60. Основные размеры блоков с микрометрическим регулированием (см. рис. 14, *а*)

Диаметр растачиваемого отверстия D, наиб.	Диаметр растачиваемого отверстия D, наим.	Диаметр борштанги $D_б$	Сторона A квадрата сечения блока	H	L	D_p	d	Резьба d_1	Резьба d_2
100	125	70	20	80	18	28	12	M5×0,80	1M8×1,0
125	150			115	20				
150	200			140	25				
110	140	80	25	100	20	32	16		
140	200	80—100		130	25				
200	280			190	30				
150	190	120	30	140	20	42	20	1M12×1,25	1M20×1,5
190	260	120—150		170	30				
260	340			290	50				
210	260	175	40	200	20	52	25		
260	320	175—200		250	30				
320	420			300	50				

(табл. 60, рис. 14, *а*). Корпус *1* блока имеет базовую лыску для установки и заточки резца *2*. Осевая подача резца в корпусе блока осуществляется дифференциальным винтом *4*, имеющим различный шаг резьбы по d_1 и d_2, вследствие чего величина подачи резца за один оборот винта будет равна только разнице в шаге резьб.

Отсчет подачи ведется по делениям, сделанным на внешней поверхности головки винта *4*. Закрепление резца в отрегулированном положении осуществляется двумя винтами *3*.

Такие блоки, изготовляют различных размеров в зависимости от диаметров растачиваемых отверстий.

Расточные головки (рис. 14, *б*) применяют для чистовой расточки отверстий более крупных размеров. Головку закрепляют на любом месте цилиндрической части борштанги. Корпус *1* и откидную часть *11* головки для снижения веса отливают из силумина. Резец *2* закрепляют в резцедержателе *4* винтом *3*. Предварительное положение резца устанавливают при помощи винта *5*. Тонкую регулировку вылета резца производят гайкой *6*, имеющей наружную и внутреннюю резьбы, отличающиеся по шагу на 0,5 *мм*, а поэтому резцедержатель при вращении гайки на полный оборот выдвигают только на 0,5 *мм*.

Укрепленная на резцедержателе скоба *8* перемещает ножку *10* индикатора *9*, что позволяет отсчитывать радиальное (на борштанге) перемещение резца с точностью, равной цене деления индикатора.

Индикатор при работе защищен прозрачной крышкой *7*. Вся головка сбалансирована противовесом *12*.

Расточный патрон (рис. 15) применяют для расточки отверстий и кольцевых канавок в отверстиях, а также для подрезки торцов. Корпус *2* с ползуном *1* соединен направляющими типа «ласточкин хвост». Зазор по направляющим выбирается клином и винтом. Ползун в направляющих корпуса перемещается с помощью винта *3*, соединенного с резьбовым отверстием ползуна.

На внешнем конце винта жестко установлена звездочка *4*, которая во время вращения шпинделя станка, при каждом обороте наскакивает на палец *5*, установленный в державке *6* регулируемого упора *7*. Таким образом осуществляется автоматическая радиальная подача резца.

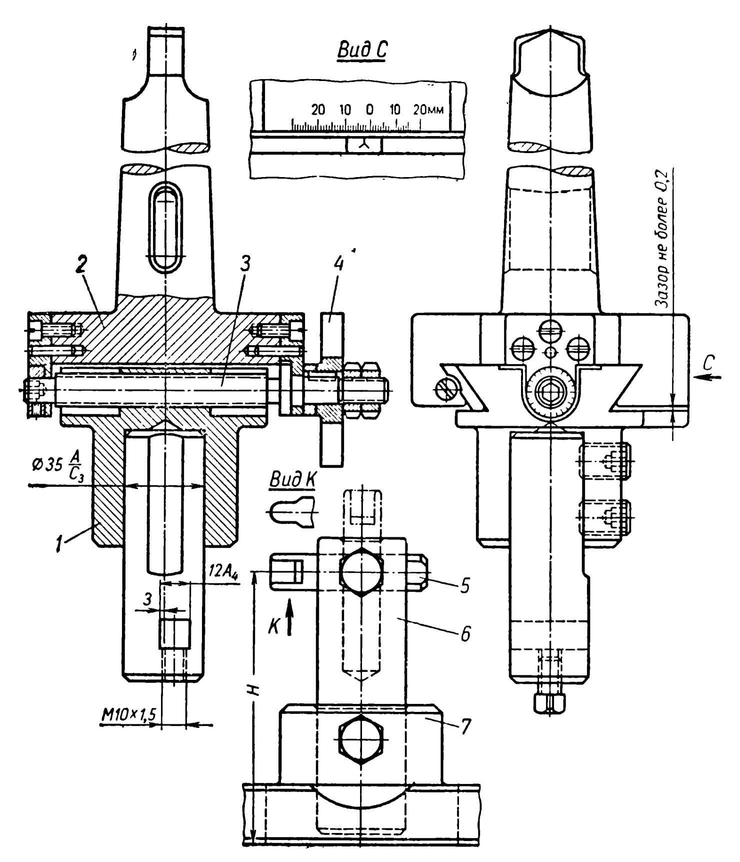


Рис. 15. Патрон для расточки отверстий, кольцевых канавок в отверстии и подрезки торцов

Державки *6* для изменения высоты *H* являются сменными и изготовляются различной длины

Вспомогательный инструмент с радиальной подачей резца применяют для обработки широких торцовых поверхностей, растачивания кольцевых канавок в отверстиях на станках, не имеющих радиального суппорта. Подача резца в процессе резания осуществляется автоматически или вручную.

Планшайба с автоматической радиальной подачей кулисы (рис. 16) имеет корпус *1*, основание *2* с направляющими типа «ласточкин хвост», кулису *4* и державку *5* для крепления резца или оправки с резцом. К нижней части кулисы прикреплена рейка *3*, которая связана через двухвенцовый зубчатый блок *6—7* с рейкой *10* оправки *9*.

Корпус *1* устанавливают и закрепляют на постоянной планшайбе станка, а оправку *9* своим коническим хвостовиком устанавливают в гнездо шпинделя станка.

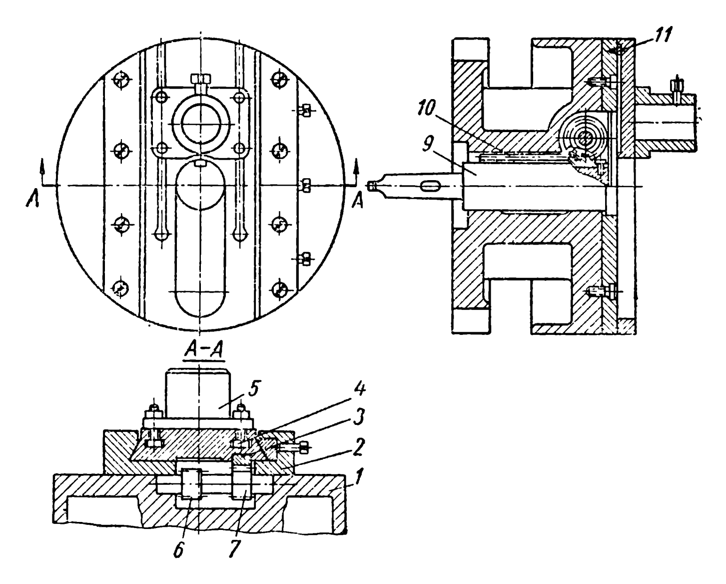


Рис. 16. Планшайба с автоматической радиальной подачей кулисы

Кулиса перемещается основной подачей шпинделя через указанную зубчато-реечную передачу, чем и осуществляется автоматическая радиальная подача резца.

Суппорт с радиальной подачей (рис. 17) применяется при консольной расточке шпинделем. Такой суппорт устанавливается хвостовиком *2* в шпиндель станка. Подача ползуна *10* с резцом производится двумя способами: от устанавливаемых упоров через звездочку *7*, винт *12* и гайку *11* или вручную от штурвала *3* через пару зубчатых колес *4* и *6*, далее валик *5* и пару конических зубчатых колес *8* и *9*. Ползун перемещается в направляющих типа «ласточкин хвост» основания *1*.

Имеются более сложные конструкции суппортов с автоматической радиальной подачей, закрепляемых в шпинделях станков, отличающиеся от рассмотренной непрерывной автоматической подачей.

Расточная головка с автоматической радиальной подачей резца (рис. 18) обеспечивает расточку отверстий и торцов диаметром > 200 *мм* на расточных станках с диаметром шпинделя 180 *мм* и больше.

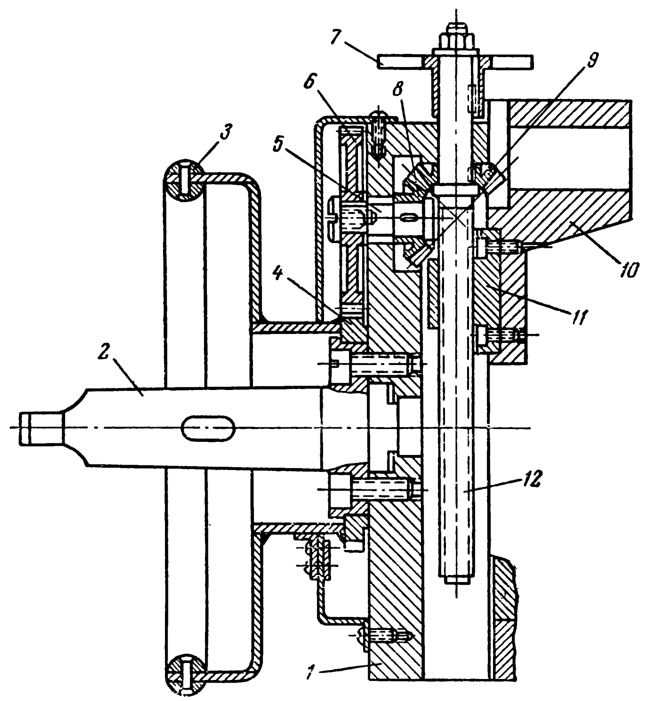


Рис. 17. Суппорт с радиальной подачей, закрепляемый в шпинделе станка

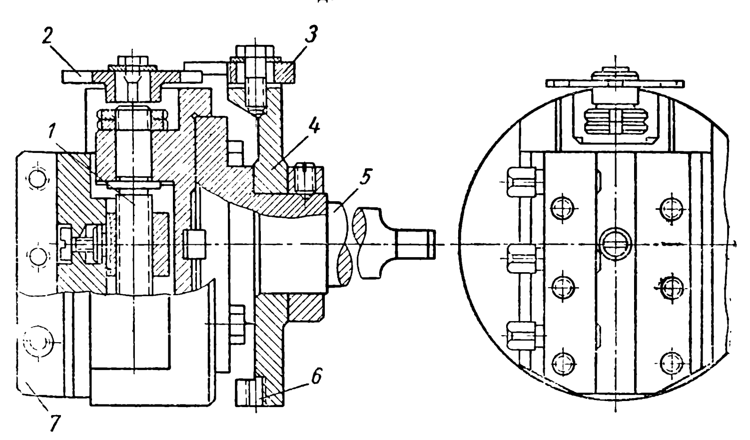


Рис. 18. Расточная головка с автоматической радиальной подачей резца

Радиальная подача ползуна *7* с резцом осуществляется вращением винта *1* через звездочку *2*, приводимую в движение при каждом обороте шпинделя упором *3*, закрепленным на муфте *4*, которая свободно насажена на шейке хвостовика *5* и удерживается от вращения пальцем, ввертываемым в резьбовое отверстие *6*. Палец при вращении шпинделя свободным концом упирается в стол.

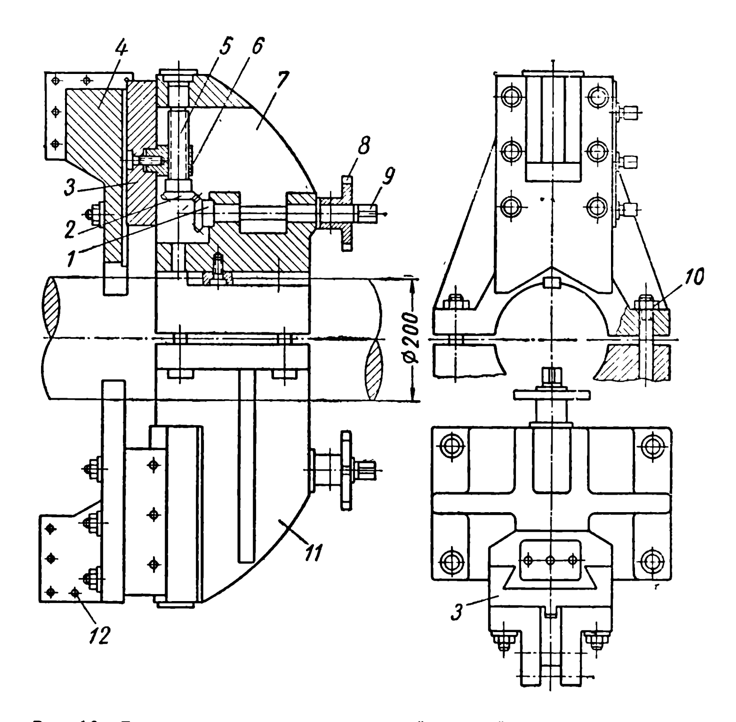


Рис. 19. Расточная головка с радиальной подачей резца, закрепляемая на борштанге

Расточная головка с радиальной подачей, закрепляемая на борштанге (рис. 19), применяется для расточки отверстий и обработки торцовых поверхностей диаметром ⩾ 500 *мм*.

Она состоит из двух половин *7* и *11*, закрепляемых на борштанге болтами *10*. Ее устанавливают на борштанге с опорой в задней стойке станка.

Резцы закрепляют болтами *12* в гнездах ползунов *3* и *4*. Ползуны получают радиальное движение через резьбовой сухарь *6*, винт *5*, коническую зубчатую пару *1—2* и валик *9*.

Подача может осуществляться вручную или автоматически через звездочку *8* описанным выше способом.

Насадки и головки (рис. 20) применяют для выполнения некоторых операций, которые нельзя производить непосредственно с расточного шпинделя станка.

Сверлильная насадка (рис.20, *а*) находит применение при сверлении отверстий малых диаметров.

Она позволяет увеличить число оборотов сверла в несколько раз против числа оборотов шпинделя станка. Вращение передается через приводной вал *1*, соединенный со шпинделем станка коническим хвостовиком. На конце вала нарезано зубчатое колесо, которое, находясь на оси *6* в зацеплении с двухвенцовым зубчатым блоком *2*, передает движение на сверлильный шпиндель *3*, сцепленный с венцом блока зубчатой нарезкой. Сверлильный шпиндель, вращаясь во втулках *4* и *5*, передает осевые усилия на упорный шариковый подшипник *9*. Механизм насадки смонтирован в корпусе *8* и крышке *7*.

Фрезерная насадка (рис. 20, *б*) применяется для фрезерования пазов и плоскостей, не являющихся перпендикулярными оси вращения шпинделя станка. Ее устанавливают на штанге *1* с помощью кронштейна *2*. Вращение от шпинделя станка передается валом *5* через коническую зубчатую пару, находящуюся в корпусе головки.

Для фрезерования наклонных поверхностей корпус *3* головки может быть повернут относительно кронштейна *2* на необходимый угол, отсчитываемый по шкале *4*.

Шлифовальная головка (рис. 20, *в*) предназначена для шлифования отверстий, наружных, цилиндрических, торцовых и плоских поверхностей. Применение таких головок обусловливается тем, что выполнение перечисленных операций производится с одного установа детали, чем достигается взаимная высокая точность обработки нескольких поверхностей и размеров.

Головку устанавливают на планшайбе с радиальной подачей расточного станка. Вращение от шпинделя станка передается через оправку *2*, пару конических зубчатых колес *7* и *9*, далее на валик *3*, зубчатую коническую пару *4* и *5*, установленную в кронштейне *1*.

Шкив *6*, закрепленный на одном валу с коническим зубчатым колесом *5*, передает вращение через ременную передачу на шкив *8* шлифовального шпинделя, закрепленного в кронштейне *10*. Радиальная подача головки осуществляется за счет перемещения кулисы планшайбы. Имеются шлифовальные головки с собственным электроприводом. Они более компактны и удобнее в эксплуатации.

Полировальные головки (рис. 20, *г*) применяют для придания, в отдельных случаях, более высокой чистоты и точности обрабатываемым отверстиям. В корпусе *6* головки установлена и закреплена винтом *3* втулка *5*. Во втулке с двух сторон вставлены державки *8* с закрепленными в них абразивными брусками *9*. Державки разжимаются пружиной *7* и удерживаются во втулках винтами *2* и *4*, входящими в углубления *1* державок.

Вспомогательные инструменты, применяемые при работе на алмазно-расточных станках (табл. 61). Основными инструментами являются расточные оправки, используемые для тонкой расточки, ввиду высоких режимов резания расточные оправки должны удовлетворять следующим требованиям: достаточная жесткость системы шпиндель—оправка—резец; отсутствие радиального биения по всем диаметрам оправки; точность пригонки посадочных мест по шпинделю и надежность крепления оправок; возможность тонкой регулировки вылета резца.

*

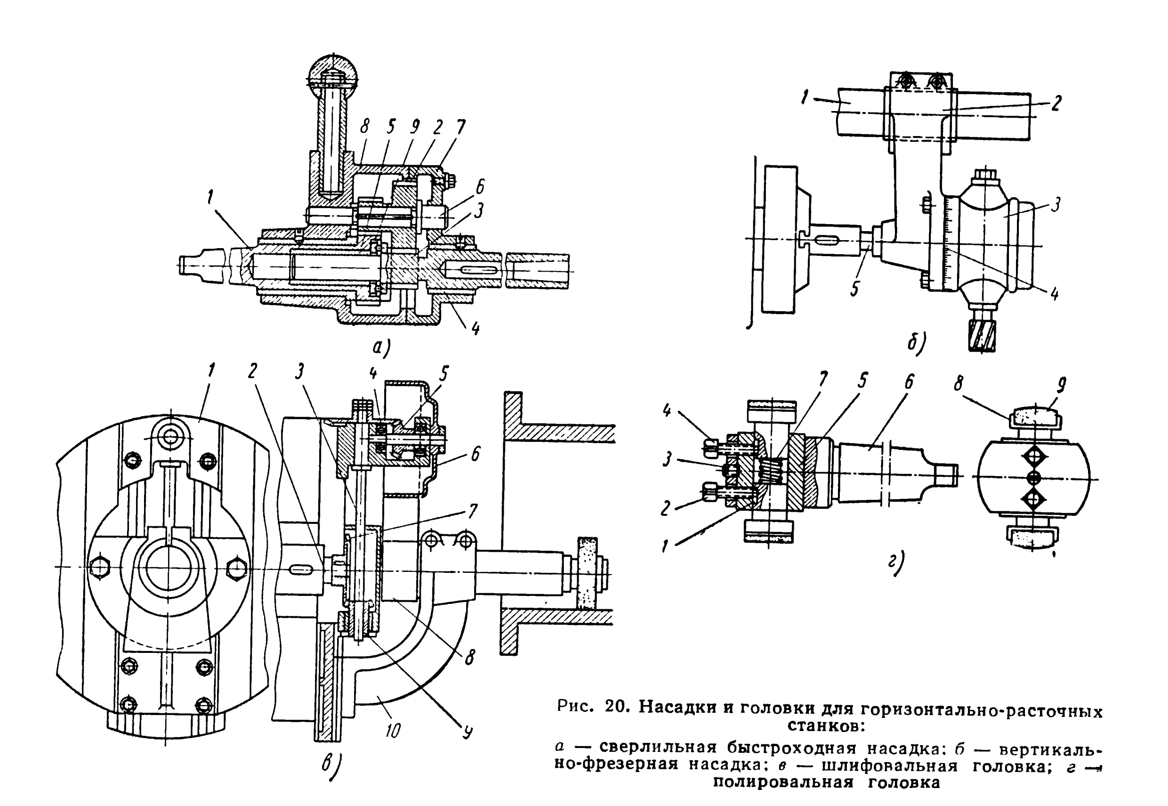
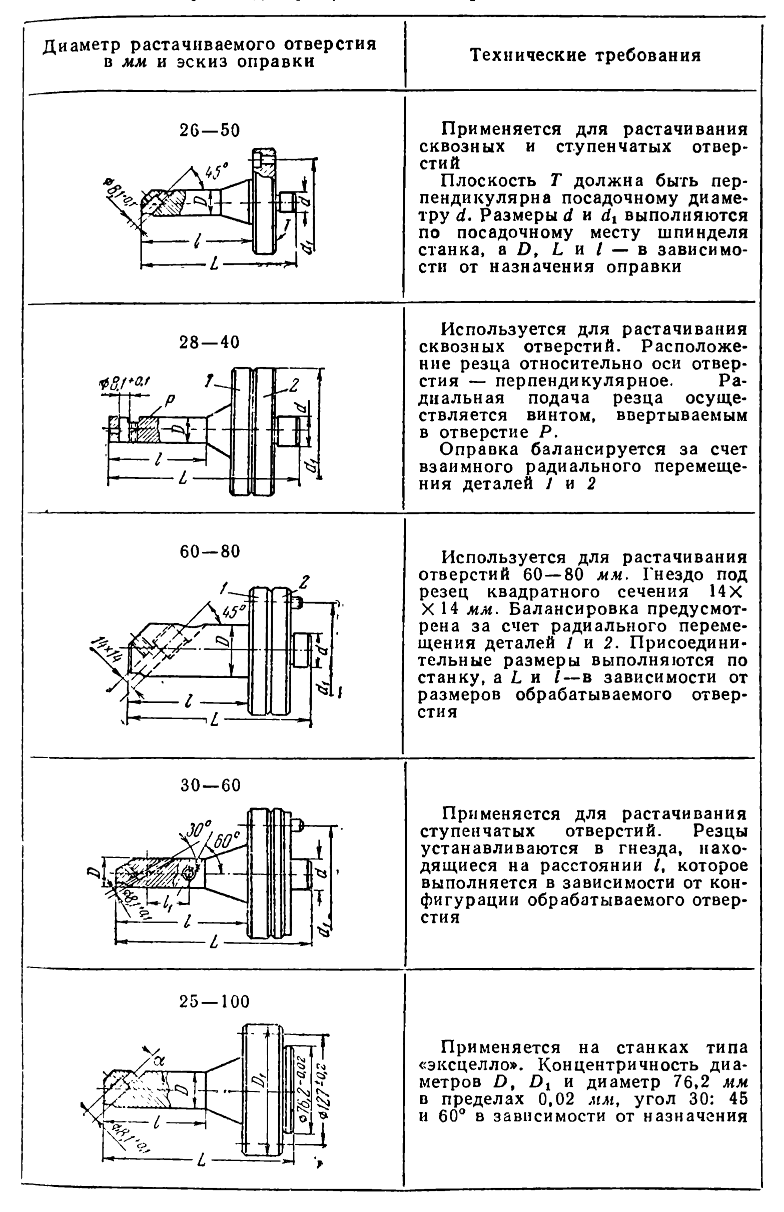


Рис. 20. Насадки и головки для горизонтально-расточных станков:

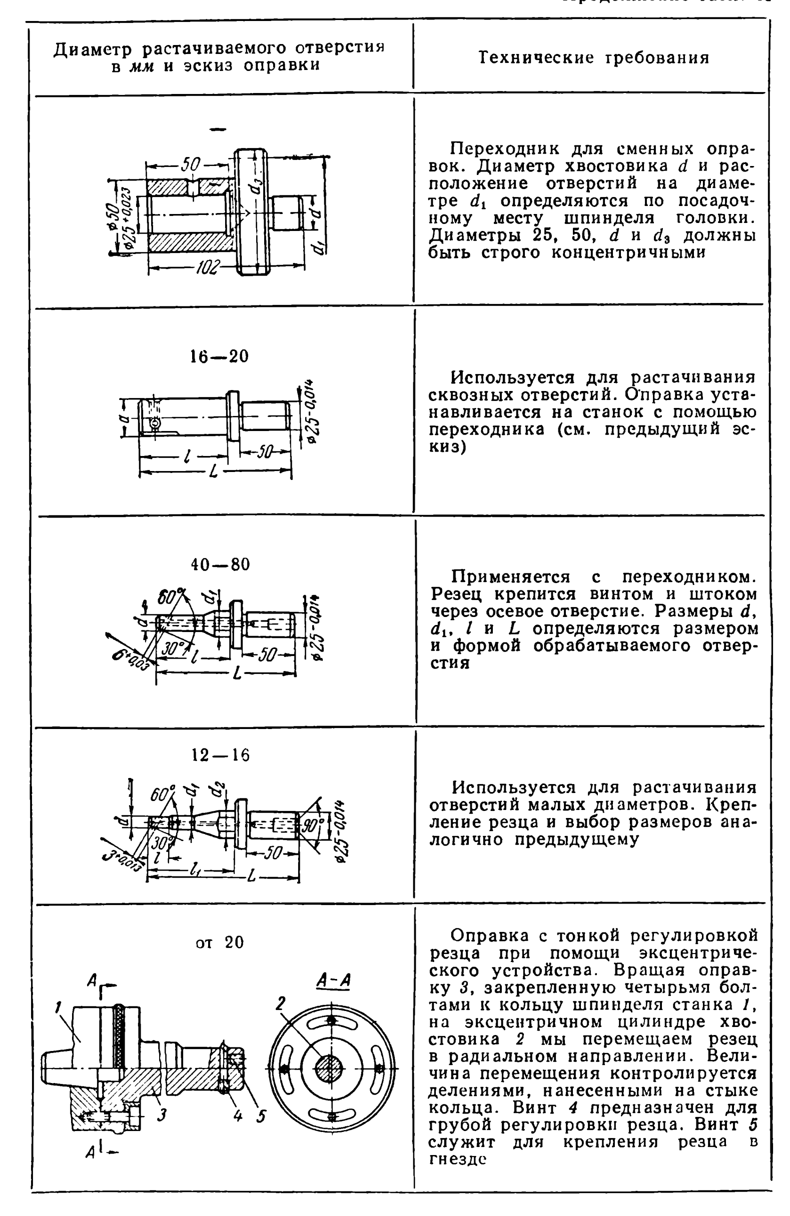
а — сверлильная быстроходная насадка; *б* — вертикально-фрезерная насадка; *в* — шлифовальная головка; *г* — полировальная головка

61. Оправки для резцов к алмазно-расточным станкам



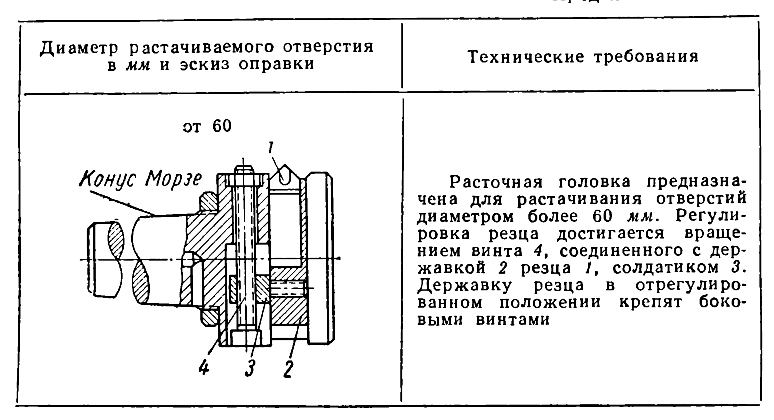
Диаметр растачиваемого отверстия в *мм* и эскиз оправки	Технические требования
26—50	Применяется для растачивания сквозных и ступенчатых отверстий Плоскость *T* должна быть перпендикулярна посадочному диаметру *d*. Размеры *d* и d_1 выполняются по посадочному месту шпинделя станка, а *D*, *L* и *l* — в зависимости от назначения оправки
28—40	Используется для растачивания сквозных отверстий. Расположение резца относительно оси отверстия — перпендикулярное. Радиальная подача резца осуществляется винтом, ввертываемым в отверстие *P*. Оправка балансируется за счет взаимного радиального перемещения деталей *1* и *2*
60—80	Используется для растачивания отверстий 60—80 *мм*. Гнездо под резец квадратного сечения 14× × 14 *мм*. Балансировка предусмотрена за счет радиального перемещения деталей *1* и *2*. Присоединительные размеры выполняются по станку, а *L* и *l*—в зависимости от размеров обрабатываемого отверстия
30—60	Применяется для растачивания ступенчатых отверстий. Резцы устанавливаются в гнезда, находящиеся на расстоянии *l*, которое выполняется в зависимости от конфигурации обрабатываемого отверстия
25—100	Применяется на станках типа «эксцелло». Концентричность диаметров *D*, D_1 и диаметр 76,2 *мм* в пределах 0,02 *мм*, угол 30: 45 и 60° в зависимости от назначения

Продолжение табл. 61



Диаметр растачиваемого отверстия в *мм* и эскиз оправки	Технические требования
—	Переходник для сменных оправок. Диаметр хвостовика d и расположение отверстий на диаметре d_1 определяются по посадочному месту шпинделя головки. Диаметры 25, 50, d и d_3 должны быть строго концентричными
16—20	Используется для растачивания сквозных отверстий. Оправка устанавливается на станок с помощью переходника (см. предыдущий эскиз)
40—80	Применяется с переходником. Резец крепится винтом и штоком через осевое отверстие. Размеры d, d_1, l и L определяются размером и формой обрабатываемого отверстия
12—16	Используется для растачивания отверстий малых диаметров. Крепление резца и выбор размеров аналогично предыдущему
от 20	Оправка с тонкой регулировкой резца при помощи эксцентрического устройства. Вращая оправку *3*, закрепленную четырьмя болтами к кольцу шпинделя станка *1*, на эксцентричном цилиндре хвостовика *2* мы перемещаем резец в радиальном направлении. Величина перемещения контролируется делениями, нанесенными на стыке кольца. Винт *4* предназначен для грубой регулировки резца. Винт *5* служит для крепления резца в гнезде

Продолжение табл. 61

Диаметр растачиваемого отверстия в *мм* и эскиз оправки	Технические требования
от 60 	Расточная головка предназначена для растачивания отверстий диаметром более 60 *мм*. Регулировка резца достигается вращением винта *4*, соединенного с державкой *2* резца *1*, солдатиком *3*. Державку резца в отрегулированном положении крепят боковыми винтами

Вспомогательный инструмент, применяемый при работе на координатно-расточных станках. Расточные патроны предназначаются для закрепления резцов и перемещения их в радиальном

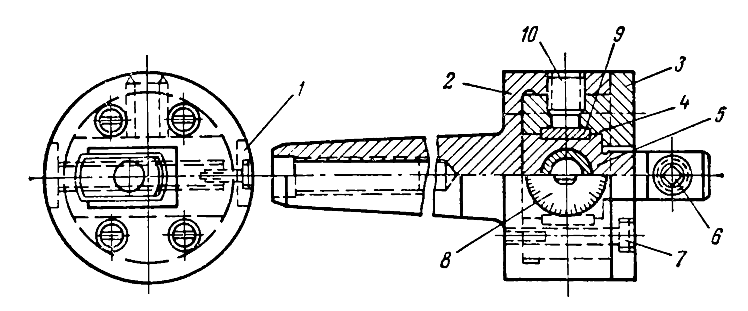


Рис. 21. Расточной патрон

направлении для получения заданного диаметра растачиваемого отверстия. Одна наиболее распространенная конструкция расточного патрона показана на рис. 21. Патрон состоит из корпуса *2* с коническим хвостовиком для закрепления в шпинделе станка, крышки патрона *3* с прямоугольным точно выполненным пазом. Крышка крепится к корпусу винтами *7*, по пазу крышки патрона пригнан ползун *5*, в отверстие которого впрессована бронзовая втулка *4*, соединенная резьбовым отверстием с микрометрическим винтом *8*. Микрометрический винт находясь торцом головки в выточке корпуса патрона и закрепленный с противоположной стороны винтом через шайбу *1* в такую же выточку не имеет осевого перемещения. При его вращении ключом за внутреннее квадратное отверстие, находящееся в головке винта, ползуну сообщается поступательное движение, чем и достигается радиальное перемещение резца, закрепляемого в головке ползуна винтом *6*.

Ползун закрепляется винтом *10* через буксу *9*. На внешней части головки микрометрического винта нанесены деления; цена одного деления равна 0,01 *мм* (при шаге винта 1 *мм* и количестве делений, равном 100). Расточной патрон с дополнительным смещением (рис. 22) дает возможность получить более широкий диапазон регулировки радиального смещения резца. Это достигается благодаря наличию дополнительного подвижного соединения *1*, *2* в виде «ласточкина хвоста». Нижняя часть патрона *3*, *4* изготовлена аналогично патрону, показанному на рис. 21.

Универсальный патрон (рис. 23) обеспечивает механическую подачу резца во время растачивания. Такая подача позволяет использовать этот патрон при точной обработке небольших плоскостей, подрезке торцов с радиальной подачей резца, а также при растачивании различных выточек и канавок в отверстиях. Основными частями патрона являются корпус *1* с коническим хвостовиком *2* и ползун *3* с тремя отверстиями для установки и закрепления резцов в вертикальном положении и одного отверстия для закрепления резца в горизонтальном положении. Конструкция патрона позволяет осуществлять ручную и механическую подачу резца.

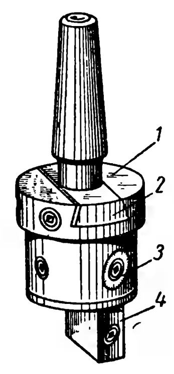


Рис. 22. Расточной патрон с дополнительным смещением

Установочное перемещение резца осуществляется вручную винтом *4*, а точное перемещение — вращением червяка *5* за квадратный конец его.

Движение на ползун передается от храпового механизма, при удержании рукоятки *13*, на зубчатое коническое колесо *7*, на конические зубчатые колеса *8* и *9*, свободно сидящие на валу червяка *5*.

Червяк *5* получает вращение при включении муфты *10* и передает его червячному колесу *6*, которое, являясь в то же время гайкой винта *4*, сообщает последнему вместе с ползуном *3* радиальное перемещение.

Направление вращения червяка зависит от того, какая включается муфта. Муфты можно переключить при остановленном от вращения шпинделе. Изменение величины подачи ползуна осуществляется поворотом кольца *11* при неподвижном кольце *12*.

Чтобы получить механическую радиальную подачу резца, необходимо рукоятку *13* удерживать упором с защелкой *14* или вручную.

Патрон имеет автоматическое устройство выключения подачи при возникновении перегрузки. Это исключает возможность поломки патрона.

Расточные оправки. Конструкция оправок определяется формой и размером хвостовика, в зависимости от посадочного места шпинделя станка, расположением и формой резца, закрепляемого в оправке, и, наконец, спецификой обрабатываемой детали и отверстия.

В табл. 62 приведены размеры расточных оправок с коническим хвостовиком Морзе № 4.

На рис. 24 приведены примеры расположения и закрепления резцов в оправках, предназначенных для расточки глухих и ступенчатых отверстий. Первые два типа крепления резцов применяют на оправках диаметром d до 30 *мм*, а третий тип крепления — на оправках диаметром d свыше 30 *мм*.

Недостатком в креплении резцов в этих оправках является сложность регулировки резцов на нужный вылет.

В расточных оправках, предназначенных для обработки отверстий, значительных по диаметру, но небольших по глубине (рис. 25), преду-

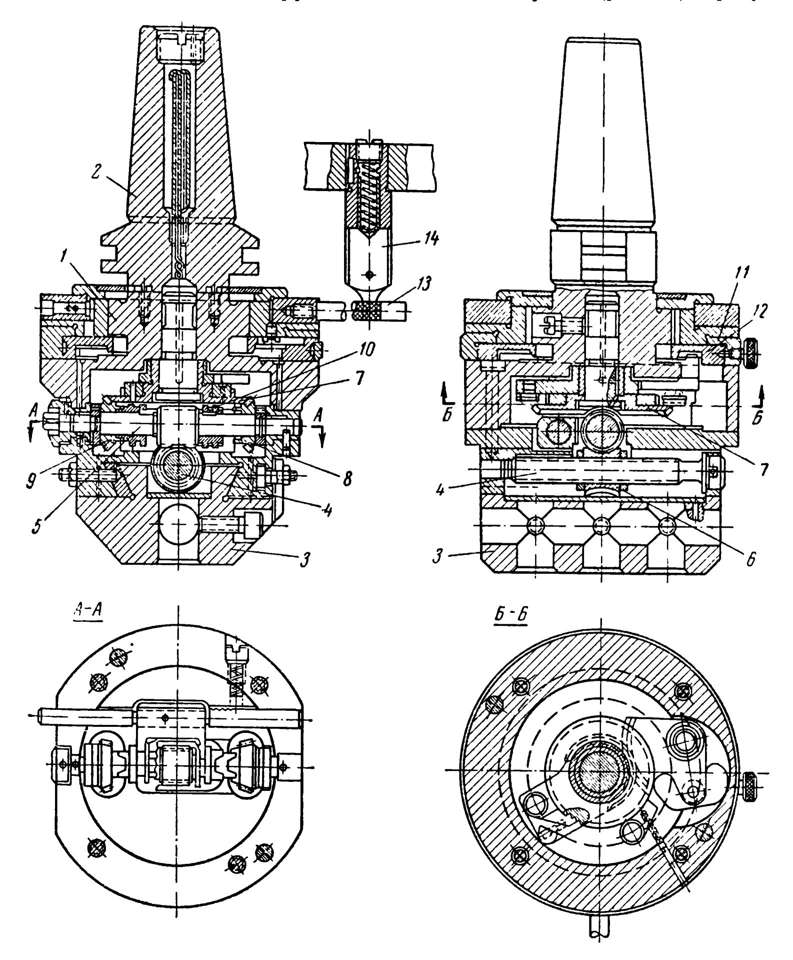


Рис. 23. Универсальный расточной патрон

смотрена возможность регулировки резца с помощью винта *2*, расположенного в направлении перемещения резца в оправке. В конструкции этой же оправки имеется подвижное соединение в виде ласточкина хвоста с винтовой парой. Нанесенные деления на скосе головки

62. Размеры расточных оправок в *мм*

D	L	l_1	d_1	l_2	d_2
13	120	—	—	—	
14	150	—	—	—	
18	180	—	—	150	14
19	210	—	—	150	16
20	150	—	—	—	—
20	200	—	—	—	—
20	220	—	—	100	15
23	180	—	—	—	—
24	160	—	—	100	18
25	200	—	—	50	20
27	210	80	22	80	15
29	210	100	26	50	22
29	180	—	—	50	24
29	250	100	26	50	23
29	300	100	25	100	20
31	300	100	25	100	26
34	200	—	—	—	—
38	250	—	—	50	28
45	300	100	35	100	31
	300	10	40	100	33

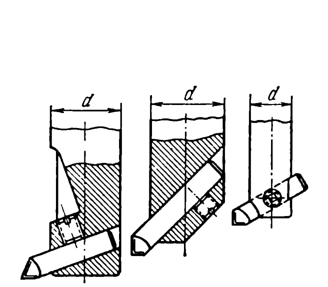


Рис. 24. Расположение и закрепление резцов в оправках

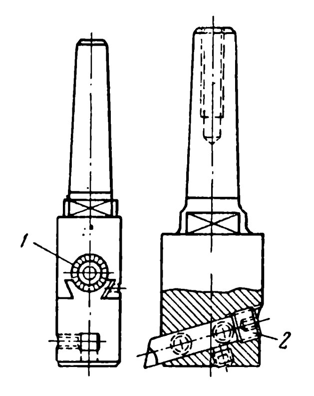


Рис. 25. Расточная оправка

микрометрического винта 1 позволяют отсчитывать величину перемещения ползуна с закрепленным резцом.

При расточке отверстий большого диаметра или обточки наружных диаметров бабышек удобно применять оправку, показанную на рис. 26. В корпусе оправки 1 имеется прямоугольное отверстие, в которое закрепляется прямоугольного сечения резцедержавка 3. Резец в державке и сама державка в оправке закрепляются парой болтов 2.

В случае использования такой оправки для обработки наружной поверхности резцедержавку в гнезде оправки устанавливают в положении с поворотом на 180°, а резец применяют с левой заточкой.

Вспомогательный инструмент различного назначения приведен в табл. 63.

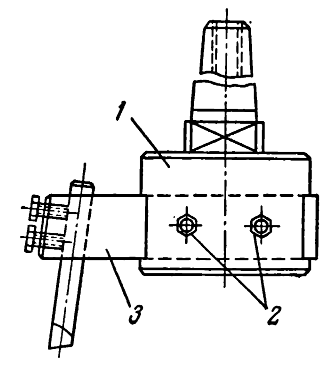


Рис. 26. Расточная оправка для обработки отверстий больших диаметров

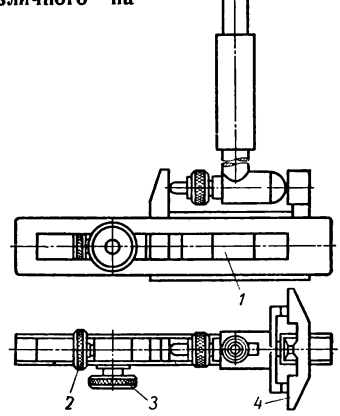


Рис. 27. Установка нутромера на заданный размер при помощи плоскопараллельных плиток и приспособления (держателя) для них

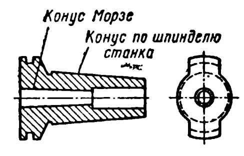
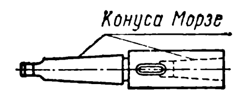
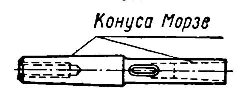
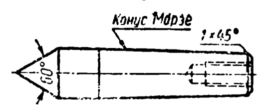
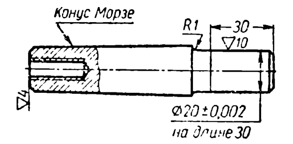
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Контрольно-измерительные операции на расточных станках выполняют при помощи предельных калибров, универсальных и специальных инструментов (табл. 64—67).

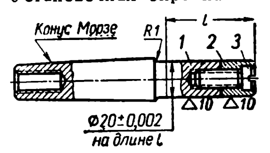
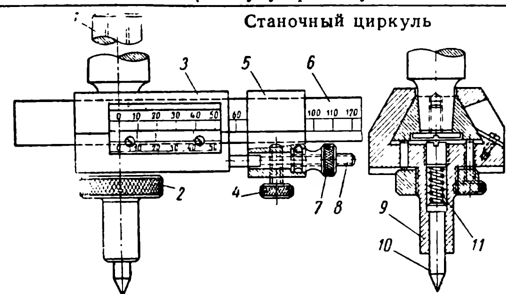
Установка нутромера на заданный размер в специальном приспособлении показана на рис. 27. Размер устанавливают с помощью плоскопараллельных плиток *1*, которые затягивают винтом *2*, находящимся в подвижном упоре *3*. Отсчет ведут от жесткого упора *4*. При замере деталей индикаторными приборами необходимо обеспечить предварительный натяг на половину оборота стрелки, после чего поворотом шкалы прибор установить на нуль.

Для контроля качества расточки отверстий в корпусных деталях применяют контрольные валики (табл. 68) и контрольные втулки табл. 69).

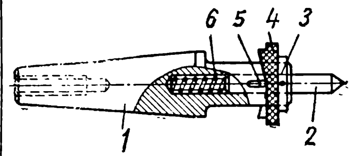
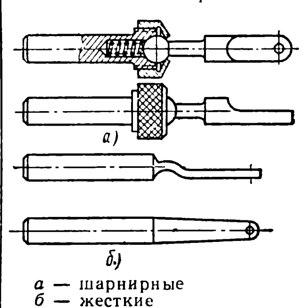
63. Вспомогательный инструмент различного назначения

Наименование и эскиз инструмента	Назначение и устройство
Переходная втулка 	Применяются на станках с несамозаклинивающим конусом в шпинделе при установке инструмента с хвостовиками, имеющими конус Морзе. Выступы втулки, входящие при установке в пазы шпинделя станка, предохраняют ее от провертывания
Переходник-удлинитель 	Переходник, имеющий на конце хвостовика лапку, является одновременно и удлинителем для инструмента с лапкой на коническом хвостовике. Применяется при обработке отверстий, удаленных от поверхности детали
Переходник-удлинитель 	Переходник к шпинделю, имеющему винтовую затяжку инструмента, является одновременно и удлинителем для инструмента с лапкой на коническом хвостовике. Применяется при обработке отверстий, удаленных от поверхности детали
Оправка-центр 	Применяется для установки деталей, нанесения рисок и точек на поверхности деталей
Установочная оправка 	Применяется для совмещения оси вращения шпинделя с базовой боковой поверхностью детали. Цилиндрическая часть изготовляется обычно диаметром 20 *мм*, с высокой точностью. При подводе шпинделя с оправкой к плоскости детали по плоской концевой мере устанавливается зазор, равный 10 *мм*, а затем делается смещение шпинделя к плоскости по отсчетному устройству станка на 20 *мм*. В этом случае ось шпинделя будет совпадать с базовой боковой плоскостью. Проверку зазора следует производить концевой мерой, вращая шпиндель на 180°. Это исключит погрешность на биение оправки

Продолжение табл. 63

Наименование и эскиз инструмента	Назначение и устройство
Установочная оправка 	Предназначена для определения положения плоскости детали относительно оси вращения шпинделя. К торцовой плоскости оправки *1* притерт с высокой точностью цилиндр *2*, равный по диаметру цилиндру оправки. Этот цилиндр удерживается перпендикулярно установленным в торец оправки винтом *3*, но в то же время имеет возможность свободно перемещаться в радиальных направлениях на величину до 1 *мм* (за счет зазора между диаметрами болта и отверстия). Совмещение образующей цилиндра с боковой плоскостью (краем) детали производится при вращающемся шпинделе. В начале соприкосновения образующей цилиндра с деталью цилиндр прекращает вращение вследствие имеющегося биения его относительно цилиндра оправки. При дальнейшем медленном подводе оправки к выверяемой плоскости детали цилиндр не будет вращаться до момента совмещения его оси с осью оправки. Момент начала вращения плавающего цилиндра оправки соответствует точному совмещению образующей цилиндра с выверяемой плоскостью детали. Для совмещения плоскости детали с осью вращения шпинделя достаточно последний переместить на 10 *мм* в том же направлении по отсчетному устройству станка
Станочный циркуль 	Применяется для разметки фигур на плоскостях деталей. Циркуль состоит из конической державки *1* для закрепления в шпинделе станка, линейки с миллиметровой шкалой *6*, каретки с нониусом *3*. В нулевом положении острие разметочного штифта совпадает с осью конической державки. Величина радиуса откладывается по шкале линейки передвижением каретки. Точная установка размера по нониусу производится с помощью гайки *7* и винта *8* при закрепленной рамке *5* винтом *4*. Каретка в установленном положении закрепляется винтом *2*. Разметочный штифт *10* находится в наконечнике *9* и подпирается до упора пружиной *11*

Продолжение табл. 63

Наименование и эскиз инструмента	Назначение и устройство
Разметочный керн 	Используется для разметки деталей. В отверстии корпуса *1*, представляющего собой оправку с коническим хвостовиком, вставлен по скользящей посадке разметочный штифт *2*, подпираемый пружиной *Б* и удерживаемый от выпадания штифтом *5*. Разметочный штифт имеет возможность перемещаться в осевом направлении на длину овального паза в корпусе. Между концами штифта *5* и кольцевым упором *3* свободно установлено кольцо *4* с двумя выступами. Если при вращающемся шпинделе станка рукой затормозить кольцо *4*, то при каждом набеге штифта *5* на выступы разметочный штифт *2* будет утопать, сжимая пружину *6*, а при прохождении выступа резко соскакивать и наносить на детали разметочную точку. Этот керн можно использовать и для нанесения сплошных линий или штрихов
Установочные оправки  *а* — шарнирные *б* — жесткие	Установочные оправки служат для закрепления индикатора в случаях, когда место для замеров индикатором ограничено. Такие оправки бывают шарнирные и жесткие, общая длина их до 400 *мм*

Продолжение табл. 63

Наименование и эскиз инструмента	Назначение и устройство
Индикаторная державка с хомутиком	Применяется при установках деталей сложной формы и при совмещении шпинделя с осью отверстия или вала большого диаметра. Державка хомутиком закрепляется на расточной оправке или на ползуне расточного патрона. Двухколенный изгиб планок позволяет подводить индикатор, закрепленный к отверстию второй планки, к трудно доступным местам детали
Установочный щуп 1 2 *Грань А*	Служит для предварительной или не требующей высокой точности установки оси шпинделя относительно заданной плоскости детали. Вершина *А* вставки *2* находится точно в оси отверстия и конуса державки *1*
Фрезерный патрон 1 3 2	Используется для закрепления концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком. Патрон состоит из корпуса *1*, с коническим хвостовиком, гайки *2* и зажимных вкладышей *3*. Патрон изготовляется с высокой точностью. Зажатая в патроне контрольная оправка не должна иметь биение относительно хвостовика более 0,01 *мм*

64. Характеристика, назначение и степень точности измерений различных контрольно-измерительных инструментов

Наименование инструмента	Пределы измерений в *мм*	Точность измерений	Назначение
	Штангенинструмент		
Штангенциркули	0—125 0—150 0—200 0—300 0—500 250—800	0,1 0,1: 0,05: 0,02 0,1: 0,05: 0,02 0,1: 0,05: 0,02 0,1: 0,05	Измерение наружных и внутренних поверхностей, глубин и высот
Штангенглубиномеры	До 200 » 250 » 300 » 400 » 500	0,05: 0,02 0,05: 0,02 0,1: 0,05 0,1 0,1	Измерение глубин отверстий, уступов, высот

Продолжение табл. 64

Наименование инструмента	Пределы измерений в *мм*	Точность измерений	Назначение
Штангенрейсмусы	0—200 30—300 40—500 60—800 60—1000	0,1: 0,05 0,1: 0,05: 0,02 0,1: 0,05: 0,02 0,1 0,1	Разметка, измерение высот
	Микрометрический инструмент		
Микрометры гладкие	0—25 50—75 75—100 100—125 125—150 150—175 175—200 200—225 225—250 250—275 275—300 300—400 500—600 600—700 700—800 800—900 900—1000 1000—1200 1200—1400 1400—1600	0,01	Измерение наружных поверхностей
Нутромеры микрометрические	75—175 75—575 150—1200 150—4000	0,01	Измерение внутренних размеров (диаметров)
Глубиномер микрометрический	0,25 25—50 50—75 75—100	0,01	Измерение глубины пазов, отверстий и высот деталей
	Рычажно-механический инструмент		
Индикатор рычажного типа	0—0,3	0,02	Для сравнительных измерений положения плоскостей, отверстий и других поверхностей при установке и контроле деталей
Индикатор рычажно-циферблатного типа	0—2,0	0,01	Для сравнительного измерения внутренних и наружных поверхностей, расположенных в труднодоступных местах
Индикатор рычажный с боковой шкалой	0—0,5	0,01	
Индикаторы часового типа	0—5,0 0—10,0 0—2,0	0,01 0,01 0,002	Измерение длин относительным методом (определение отклонений от геометрической формы, овальность и т. д.). Индикаторы устанавливаются в стойках или приспособлениях

Продолжение табл. 64

Наименование инструмента	Пределы измерений в *мм*	Точность измерений	Назначение
Скоба рычажная	0—25 25—50 50—75 75—100 100—125 125—150	0,002 0,002 0,002 0,002 0,005 0,005	Линейные измерения относительным методом. Контроль диаметров режущего инструмента и калибров
Пружинный нутромер	10—60	0,02	Измерение отверстий небольшой глубины относительным методом
Регулируемый (телескопический) нутромер	15—20 20—30 30—45 45—75 75—125 90—150	0,02	Для снятия размера отверстий на микрометр
Индикаторный нутромер	6—10 10—18 18—35 35—50 50—100 100—160 160—250	Цена шкалы индикатора	Измерение диаметров отверстий
Индикаторные глубиномеры	100	0,02	Для измерений глубин и высот
Инструмент общего назначения			
Угловые плитки	По наличию в наборе	По паспорту	Измерение углов деталей, установочных положений деталей на расточном столе или при проверке на контрольных плитах
Щупы	0,03—1,00	0,01	Измерение зазоров
Уровни	—	0,02 *мм* на длине 1 *м*	Измерение величины отклонения обрабатываемой (устанавливаемой) поверхности от горизонтального или вертикального положения

65. Линейки для проверки плоскости и прямолинейности

Наименование и эскиз	Размеры в *мм*	Назначение
С двусторонним скосом типа ЛД	$L \times H \times B$ 25×20×5 75×22×6 125×27×6 175×27×8 225×30×8 300×40×8	Проверка деталей методом световой щели
Трехгранные типа ЛТ	$L \times a$ 125×18 175×22 225×26 300×30	
Четырехгранные типа ЛЧ	$L \times a$ 175×16 225×20 300×25	
Стальные прямоугольного сечения	$L \times H \times B$ 300×40×6 500×50×10 750×55×12	
Стальные двутаврового сечения	$L \times H \times B$ 100×600×16 1500×75×18 2000×90×19 2500×100×20 3000×120×22 4000×160×30	Проверка деталей методом линейных отклонений или на краску (контроль прямолинейности, плоскостности, горизонтальности, параллельности и т. д.): для контрольных, монтажных, слесарных, кузнечных и прочих работ
Чугунные	$L \times B$ 500×40 750×45 1000×50 1500×60 2000×70 2500×80 3000×90 4000×100 5000×130	

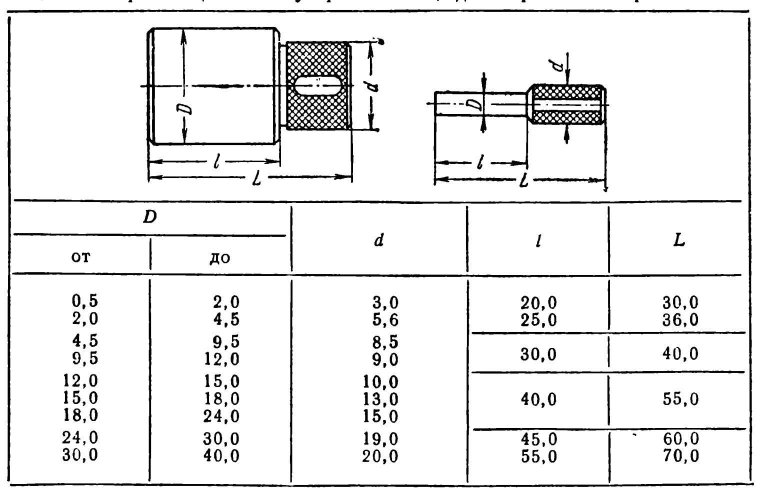
66. Инструменты для измерения углов и конусов

Наименование и эскиз	Размеры в *мм*		Назначение
	H	*B*	
Угольник плоский	63 80 100 125 160 200 250 315 400 600	40 50 63 80 100 125 160 200 250 315	Проверка и разметка прямых углов — контроль перпендикулярности соответствующих поверхностей деталей
Угольник с широким основанием	63 80 100 125 160 200 250 315	40 50 63 80 100 125 160 200	
Угольник лекальный с широким основанием	63 80 100 125 160 200 250 315 400 500	40 50 63 80 100 125 160 200 250 315	
Угольник плоский лекальный	63 80 100 125 160 200	40 50 63 80 100 125	
Угломер	Точность отсчета по нониусу 2 *мин*		Измерение наружных углов от 0° до 180°

Продолжение табл. 66

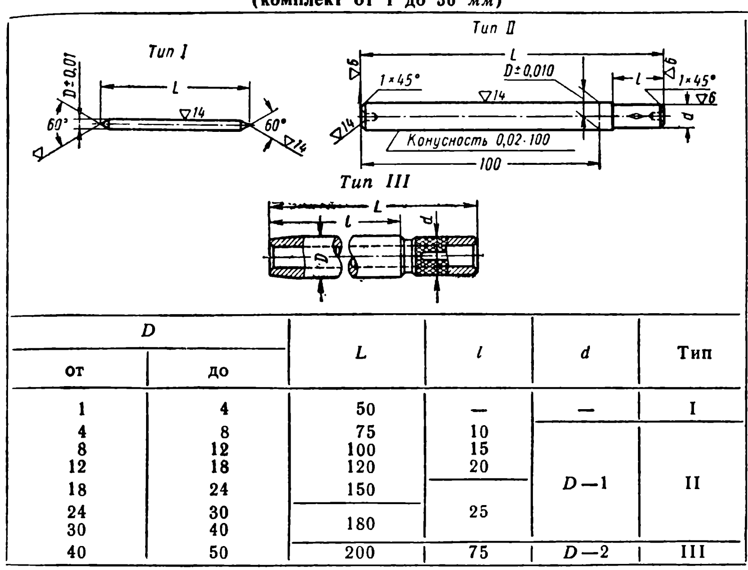
Наименование и эскиз	Размеры в *мм*		Назначение
	H	*B*	
Синусная линейка	*L* 100 200 300 400		Точная проверка угловых изделий и настройка станков при обработке угловых поверхностей
Цилиндр	*H* 160 250 315	*B* 90 110 125	Проверка и разметка прямых углов — контроль перпендикулярности соответствующих поверхностей деталей

67. Размеры специальных укороченных гладких пробок-калибров в ***мм***



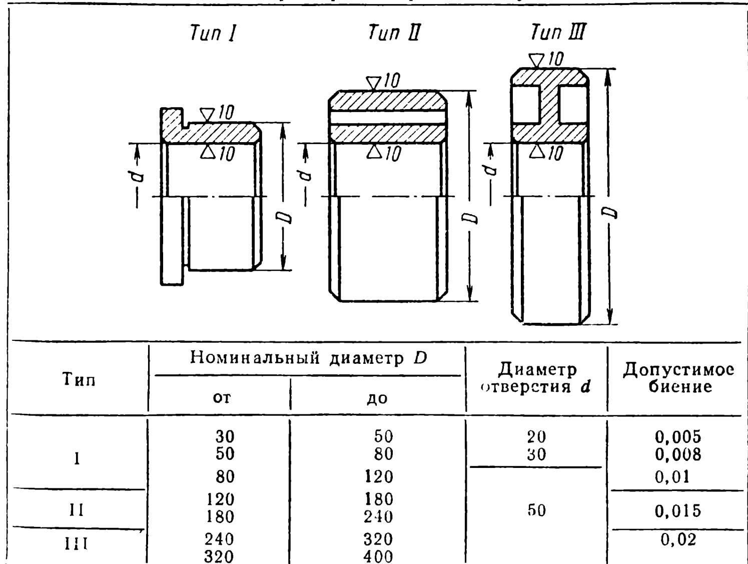
D		*d*	*l*	*L*
от	до			
0,5	2,0	3,0	20,0	30,0
2,0	4,5	5,6	25,0	36,0
4,5	9,5	8,5	30,0	40,0
9,5	12,0	9,0		
12,0	15,0	10,0	40,0	55,0
15,0	18,0	13,0		
18,0	24,0	15,0		
24,0	30,0	19,0	45,0	60,0
30,0	40,0	20,0	55,0	70,0

68. Основные размеры контрольных валиков в *мм* (комплект от 1 до 50 *мм*)



D от	D до	L	l	d	Тип
1	4	50	—	—	I
4	8	75	10	D—1	II
8	12	100	15		
12	18	120	20		
18	24	150	25		
24	30	180			
30	40				
40	50	200	75	D—2	III

69. Основные размеры контрольных втулок в *мм*



Тип	Номинальный диаметр D от	Номинальный диаметр D до	Диаметр отверстия d	Допустимое биение
I	30	50	20	0,005
	50	80	30	0,008
	80	120	50	0,01
II	120	180		0,015
	180	240		
III	240	320		0,02
	320	400		

ГЛАВА 2

РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

Технические характеристики горизонтально-расточных станков приведены в табл. 1.

Одной из наиболее распространенных моделей горизонтально-расточных станков является станок модели 262Г завода им. Я. М. Свердлова (рис. 1). Он является базовой моделью, на основе которой изготовляются станки моделей 262Д, 2621 типа А1 и другие универсальные

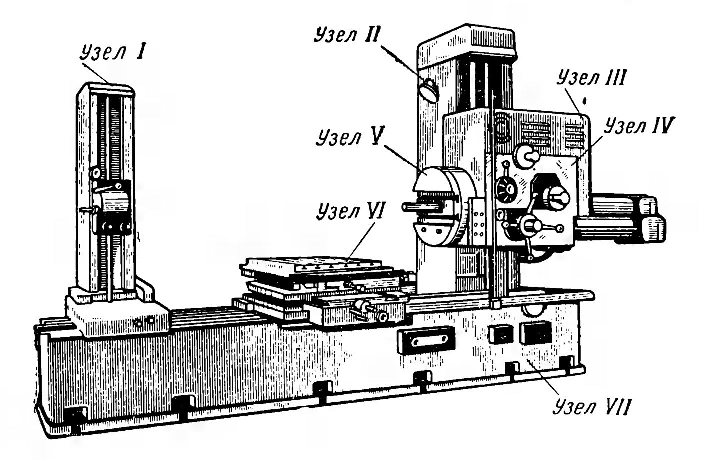


Рис. 1. Горизонтально-расточной станок модели 262Г

и специальные расточные станки для различных отраслей машиностроения.

На станке модели 262Г выполняются различные расточные работы: растачивание цилиндрических и конических отверстий со взаимно параллельными и перпендикулярными осями и точными расстояниями между ними; сверление, зенкерование, развертывание; обтачивание наружных цилиндрических поверхностей небольшой длины и торцов; фрезерование и нарезание резьб.

Устройство главных узлов станка модели 262Г (см. рис. 1). В компоновку станка входят следующие основные узлы: станина, передняя стойка, шпиндельная бабка, коробка подач, радиальный суппорт, стол, задняя стойка.

Станина станка (узел *VII*) чугунная, коробчатой формы. Внутри станины имеется емкость для смазочно-охлаждающей жидкости с перегородками, которые способствуют отстаиванию загрязнений. Направляющие станины прикрываются от повреждений и засорений специальными кожухами.

Передняя стойка (узел *II*) отлита из чугуна, укреплена на правом конце станины. По ее вертикальным направляющим перемещается шпиндельная бабка, для уравновешивания которой во внутренней полости стойки располагаются четыре противовеса, связанные со шпиндельной бабкой тросами, перекинутыми через блоки, установленные на верхней площадке стойки.

Шпиндельная бабка (узел *III*) представляет собой жесткую чугунную коробку, внутри и снаружи которой смонтирован ряд отдельных, связанных между собой устройств и механизмов. На ней установлен двухскоростной электродвигатель, от которого через клиноременную передачу передается движение на механизм привода шпинделя.

Коробка подач (*узел IV*) смонтирована на шпиндельной бабке. Кинематическая цепь ее состоит из семи многовенцовых блоков зубчатых колес, перемещающихся по шлицевым валикам, установленным в шариковых подшипниках. В коробке подач имеется предохранительный механизм, срабатывающий при перегрузке цепи подач.

Радиальный суппорт (*узел V*) смонтирован на планшайбе (рис 2), ползун *1* которого перемещается по направляющим, имеющим форму в виде ласточкина хвоста. Зазор между направляющими планшайбы и суппорта выбирается клином *3*. Суппорт может быть застопорен винтами *2*. Винты *4* ограничивают радиальный ход суппорта, не допуская соприкосновения радиальных стенок окна *5* с расточным шпинделем. Перемещение суппорта возможно в пределах 170 *мм*. Подача радиального суппорта производится от зубчатого венца ($z = 116$), который свободно посажен на ступицу планшайбы, через зубчатые колеса $z = 24$ и $z = 22$, червячную передачу, зубчатое колесо $z = 22$ и далее колесо с косым зубом $z = 16$ на рейку *6*, которая и сообщает суппорту радиальное перемещение.

Стол (*узел VI*) состоит из поворотной части, верхних (поперечных) салазок и нижних (продольных) салазок. Поворотная часть стола с семью Т-образными пазами имеет размер 1000×800 *мм* и лежит на стальных опорных шариках, которые, в свою очередь, лежат на верхней поверхности поперечных салазок и в кольцевой проточке поворотного стола. Такая конструкция обеспечивает легкий поворот стола от руки при установленном изделии (механического привода для поворота стола на станке не предусмотрено). Следует иметь в виду, что средний паз имеет повышенную точность по ширине и симметричное расположение относительно оси вращения. Этот паз является как бы базовым для отсчета углов поворота.

Для обеспечения точного поворота на каждые 90° стол имеет четыре регулируемых упора; они устанавливаются так, чтобы средний паз после очередного поворота был параллелен или перпендикулярен оси расточного шпинделя. Поворот на углы, не кратные 90°, производится по круговой шкале, цена деления которой равна 1°. Верхние салазки перемещаются по нижним при помощи винта, а нижние — по станине, с помощью зубчатой рейки.

1. Технические характеристики горизонтально-расточных станков

Технические данные	Типы компоновки и модели станков									
	А-I					А-II				Б-I
	2613	262Г	2620	2620А	2630	2621	262Д	2622	2622А	2654
Основные размеры:										
диаметр расточного шпинделя в *мм*	62	85	90	90	125	85	110	110	110	150
коническая расточка отверстия в головной части шпинделя	Морзе № 4	Морзе № 5	Морзе № 5	Морзе № 5	Метрическая 80	Морзе № 5	Морзе № 6	Морзе № 5	Морзе № 5	Метрическая 80
Размеры рабочей поверхности стола или плиты в *мм*:										
длина	900	1000	1120	1120	1600	1000	1000	1120	1120	1800
ширина	710	800	900	900	1250	800	800	900	900	1500
Наибольший вес обрабатываемой детали в *кг*	—	2000	2000	2000	4000	2000	2000	2000	2000	4000
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола или плиты в *мм*:										
наименьшее	0	45	0	0	0	45	45	0	0	60
наибольшее	710	800	1000	1000	1400	800	800	1000	1000	1860
Наибольшее перемещение стола или станка в поперечном направлении в *мм*	Стол 800	Стол 850	Стол 1000	Стол 1000	Стол 1400	Стол 850	Стол 850	Стол 1000	Стол 1000	1600
Наибольшее продольное перемещение стола или передней стойки в *мм*	Стол 1000	Стол 1140	Стол 1150	Стол 1150	Стол 1600	Стол 1200	Стол 1255	Стол 1150	Стол 1150	**Передняя стойка *1650***

Наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки в мм	710	755	1000	1000			755	1000	1000	1800
Наибольшее продольное перемещение расточного шпинделя в *мм*	560	600	710	710	1000	600	600	710	710	1200
Наибольшее перемещение радиального суппорта в *мм*	120	170	170	170	200	Без суппорта				240
Число скоростей расточного шпинделя	24	18	23	23	23	18	18	22	22	22
Пределы чисел оборотов расточного шпинделя в минуту:										
наименьшее	6,9	20	12,5	12,5	7,8	38	20	12,5	12,5	7,5
наибольшее	1490	1000	2000	2000	1200	2000	1000	2000	2000	950
Число скоростей планшайбы	12	14	15	15	18	18	18	15	15	18
Пределы чисел оборотов в минуту планшайбы:										
наименьший	6,9	10	8	8	4,5	—	—	8	8	3,75
наибольший	186	200	200	200	250	—	—	200	200	192
Число осевых подач шпинделя продольных и поперечных подач шпиндельной бабки	36	18	Бесступенчатое регулирование		18	18	18	Бесступенчатое регулирование		
Пределы осевых подач расточного шпинделя в *мм/об* шпинделя:										
наименьший	0,0125	0,05	2,2	2,2	0,04	0,0250	0,05	2,2	2,2	2,0
наибольший	1,50	16,0	1760	1760	14,4	8,0	18,0	1760	1760	1500
Пределы подач стола стойки и шпиндельной бабки в *мм/об* шпинделя:										
наименьший	0,0125	0,025	1,4	1,4	1,0	0,013	0,025	1,4	1,4	1,0
наибольший	1,50	8,0	1110	1110	750	4,0	8,0	111,0	111,0	750
Пределы подач стола, стойки и шпиндельной бабки в *мм/об* планшайбы:										
наименьший	0,0125	0,05	1,4	1,4	0,04	0,013	0,025	1,4	1,4	1,0
наибольший	12,0	16,0	1100	1100	14,4	4,0	8,0	1100	1100	750

Продолжение табл. 1

Технические данные	Типы компоновки и модели станков									
	А-I					А-II				Б-I
	2613	262Г	2620	2620А	2630	2621	262Д	2622	2622А	2654
Пределы подач радиального суппорта в *мм/об* планшайбы:										
наименьший	0,0125	0,025	0,88	0,88	0,025	—	—	—	—	0,5
наибольший	12,0	8,0	700	700	8,0	—	—	—	—	375
Мощность главного электродвигателя в *квт*	4,5	6,5/7	7,5/10	7,5/10	10	6,5/7	6,5/7	7,5/10	7,5/10	14
Габаритные размеры станка в *мм*:										
длина	4090	5070	5470	5470	7600	5070	5070	5470	5470	10 400
ширина	1970	2250	2985	2985	4200	2250	2250	2985	2985	5 600
высота	2380	2755	3010	3010	3700	2750	2755	3010	3010	5 600
Вес станка в *кг* (приблизительно)	6000	11 750	12 000	12 000	23 100	11 350	11 350	12 000	12 000	38 500

	Б-II	В-I	В-II		В-III
	2651	2657	2656	265В	2660
Основные размеры:					
диаметр расточного шпинделя	150	150	175	150	200
коническая расточка отверстия в головной части шпинделя	Метрическая 80	Метрическая 80	Метрическая 100	Метрическая 80	Метрическая 100

Размер рабочей поверхности стола или плиты в мм:					
длина	4500	2250	4600	6600	8100
ширина	1800	1800	4200	4000	5000
Наибольший вес обрабатываемой детали в *кГ*	20 000	12 000 на столе. На плите не ограничен	Не ограничен		
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола или плиты в *мм*:					
наименьшее	—	600	600	630	800
наибольшее		2400	2400	2630	3800
Наибольшее перемещение стола в поперечном направлении в *мм*	4000	3200	3200	4800	6000
Наибольшее продольное перемещение стола или передней стойки в *мм*	Передняя стойка 2000	Стол 1200	—	—	Передняя стойка 500
Наибольшее продольное перемещение расточного шпинделя в *мм*	1300	1200	1200	1350	1800
Наибольшее перемещение радиального суппорта в *мм*	Без суппорта	240	Без суппорта		400
Число скоростей расточного шпинделя	Бесступенчатое регулирование	22	22	16	Бесступенчатое регулирование
Пределы чисел оборотов расточного шпинделя в минуту:					
наименьшее	4	7,5	7,5	3,3	4
наибольшее	600	950	950	600	450
Число скоростей планшайбы	Бесступенчатое регулирование	18	—	—	Бесступенчатое регулирование
Пределы чисел оборотов планшайбы в минуту:					
наименьший	4	3 75	—	—	4
наибольший	80	192	—	—	110
Число осевых подач шпинделя продольных и поперечных подач шпиндельной бабки	Бесступенчатое регулирование				

Продолжение табл. 1

Технические данные	Б-II	В-I	В-II		В-III
	2651	2657	2656	265В	2660
Пределы осевых подач расточного шпинделя в *мм/об* шпинделя:					
наименьший	1,0	2,0	2,0	0,05	3,0 *мм/мин*
наибольший		1500	1500	8,4	300 »
Пределы подач стола, стойки и шпиндельной бабки в *мм/об* шпинделя:					
наименьший	10,0	1,0	1,0	0,025	10,0
наибольший	800	750	750	8,4	1000
Пределы подачи стола, стойки и шпиндельной бабки в *мм/об* планшайбы:					
наименьший	10	1,0	—	—	10 *мм/мин*
наибольший	800	750	—	—	1000 »
Пределы подач радиального суппорта в *мм/об* планшайбы:					
наименьший	—	0,5	—	—	3,0
наибольший	—	375	—	—	300
Мощность главного электродвигателя в *квт*	59	14	14	14	59
Габаритные размеры станка в *мм*:					
длина	8300	10 900	10 700	8440	10 350
ширина	9000	7 200	7 200	7780	11 600
высота	4500	5 600	4 900	5550	6 800
Вес станка в *кг* (приблизительно)	70 000	51 500	37 000	68 100	11 500

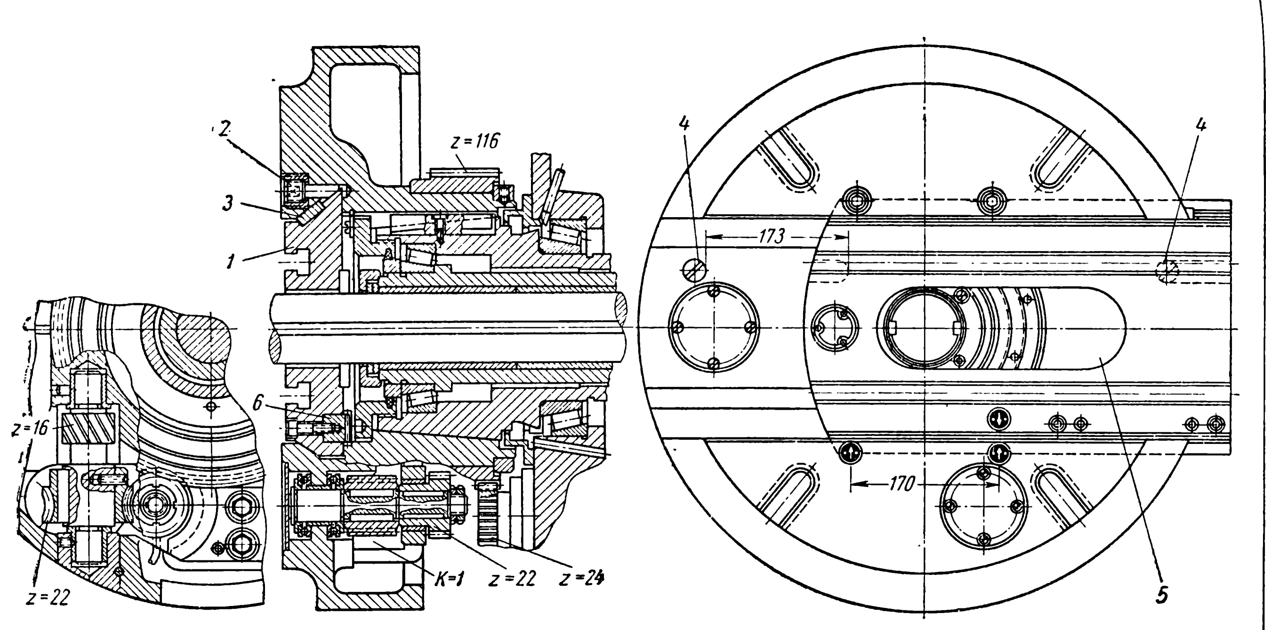


Рис. 2. Планшайба с радиальным суппортом станка модели 262Г

Задняя стойка (узел I) обеспечивает опору борштанг в люнете, перемещающемся вверх и вниз по направляющим задней стойки синхронно со шпиндельной бабкой благодаря соответствующей кинематической цепи.

Привод подшипника задней стойки осуществляется от горизонтального вала, расположенного в станине, через пару конических зубчатых колес и вертикальный винт подачи.

Кинематическая схема станка 262Г (рис. 3, вклейка и табл. 2). Вращение передается от двухскоростного двигателя мощностью 6,5/7 *квт* и числом оборотов вала 1440 и 2890 в минуту через клиноременную передачу со шкивами диаметром 90 и 270 *мм* на вал *II* коробки скоростей.

Скорости приводного шкива составят:

$$n_1 = n_{1ЭД}\frac{D_1}{D_2}\eta_{ск} = 1440\cdot\frac{90}{70}\cdot 0{,}98 \approx 470\ об/мин;$$

$$n_2 = n_{2ЭД}\frac{D_1}{D_2}\eta_{ск} = 2890\cdot\frac{90}{270}\cdot 0{,}98 \approx 944\ об/мин.$$

Структурная формула цепи главного движения:

$$\frac{1440\ об/мин}{2890\ об/мин} — \mathrm{I} — \frac{\varnothing 90}{\varnothing 270} — \mathrm{III} —$$

$$—\left\langle \begin{array}{l} \frac{47}{30} — \mathrm{IV} — \frac{55}{35} \\ \frac{22}{55} — \mathrm{IV} — \frac{55}{35} \\ \frac{22}{55} — \mathrm{IV} — \frac{19}{48} \end{array} \right\rangle — \mathrm{V} — \left\langle \begin{array}{l} \frac{22}{58} — \text{планшайба} \\ \frac{43}{58} — \text{расточной шпиндель.} \end{array} \right.$$

На валу *II* подвижно посажен трехвенцовый блок зубчатых колес (20, 28 и 24 зубьев), имеющий возможность сцепляться с зубчатыми колесами (z соответственно равно 57, 49 и 53), находящимися жестко на валу *III*. Благодаря указанным сцеплениям вал *III* может иметь три различные скорости вращения. От вала *III* через трехвенцовый блок (z равно 30, 55 и 19 зубьев), сидящий на валу *IV* свободно, движение передается валу *V* через три различных сцепления, как указано в структурной формуле. Таким образом, вал *V* теперь уже может получать $3 \times 3 = 9$ различных чисел оборотов в минуту. Далее вращение от вала *V* передается полому шпинделю через зубчатые колеса $\frac{48}{53}$, а при включении зубчатой муфты *М* влево — шпинделю планшайбы через зубчатые колеса $\frac{22}{58}$. Расточный шпиндель таким образом получает на каждое число оборотов двигателя девять различных скоростей вращения, а всего $2 \times 9 = 18$ чисел оборотов в минуту. Планшайба получает только 14 скоростей, так как при числах оборотов более 200 она не включается. Реверсирование (изменение направления вращения) осуществляется за счет реверсирования электродвигателя. В этом случае скорости шпинделя и планшайбы не изменяются.

Изменение подач (табл. 3) осуществляется при помощи коробки подач (см. рис. 5). Структурная формула подач, составленная по кинематической схеме, имеет вид

$$1\ \text{оборот шпинделя} - \frac{58}{43} - V - \frac{35}{56} - XII\ \frac{42}{42} -$$

$$- XIII \left\langle \begin{array}{c} \left\langle \begin{array}{c} \frac{23}{46} \\ \frac{34}{34} \end{array} \right\rangle \\ \frac{28}{40} \end{array} \right\rangle - XIV - \left\langle \begin{array}{c} \frac{34}{34} \\ \frac{18}{50} \end{array} \right\rangle - XV -$$

$$- \left\langle \begin{array}{c} \frac{18}{50} \\ \frac{50}{18} \end{array} \right\rangle - XVI - \left\langle \begin{array}{c} \frac{18}{50} \\ \frac{50}{18} \end{array} \right\rangle - XVII -$$

$$- \frac{50}{42} - XVIII - \frac{39}{45} - XIX - \frac{21}{42}\ XX.$$

От вала *XX* движение подачи сообщается расточному шпинделю, шпиндельной бабке, продольным и поперечным салазкам стола и суппорту планшайбы. На валу *XII* коробки подач закреплен двухвенцовый блок ($z = 42$ и 56), причем венец $z = 56$ всегда сцеплен с широким зубчатым колесом $z = 35$, сидящим жестко на валу *V*, а венец блока $z = 42$ — с зубчатым колесом $z = 42$, находящимся на закладной шпонке на гладкой шейке шлицевого вала *XIII* через трехвенцовый блок с z, равным 28, 34 и 23, вал *XIV* получает три скорости вращения. Далее посредством двухвенцовых блоков с $z = 34$, 40 и $z = 18$ и 46 вала *XIV* и двухвенцового блока с $z = 34$ и 50 шлицевого вала *XV* последний получает шесть величин скоростей вращения и далее через двухвенцовый блок с $z = 18$ и 50 валу *XVI* уже сообщается 12 различных скоростей вращения. В дальнейшем по кинематической схеме через двухвенцовый блок с $z = 50$ и 18 вал *XVII* уже получает 24 скорости (шесть из них повторяющиеся). Вал *XVII* движение передает на вал *XX* через зубчатое колесо $z = 42$, а также через зацепление зубчатых колес $\frac{39}{45}$ и $\frac{21}{42}$.

Настройка станка (табл. 4) для нарезания резьб производится при помощи соответствующего подбора сменных зубчатых колес гитары из прилагаемого к станку набора зубчатых колес (их в наборе 13 штук, имеющих 18, 20, 21, 24, 27, 28, 30, 33, 36, 40, 42, 48 и 57 зубьев). Этого набора достаточно для нарезания 16 стандартных метрических резьб и 14 дюймовых резьб.

Смазка станка (табл. 5) производится маслом «индустриальное 20» и «индустриальное 45», которое следует иметь чистым и профильтрованным. Контроль за наличием масла и расходом его производится при помощи маслоуказательных уровней и струйного маслоуказателя, находящегося на передней стенке бабки. Следует регулярно производить очистку фильтров, а проработанную смазку удалять промывкой емкостей и мест смазки.

2. Числа оборотов шпинделя и планшайбы станка модели 262Г

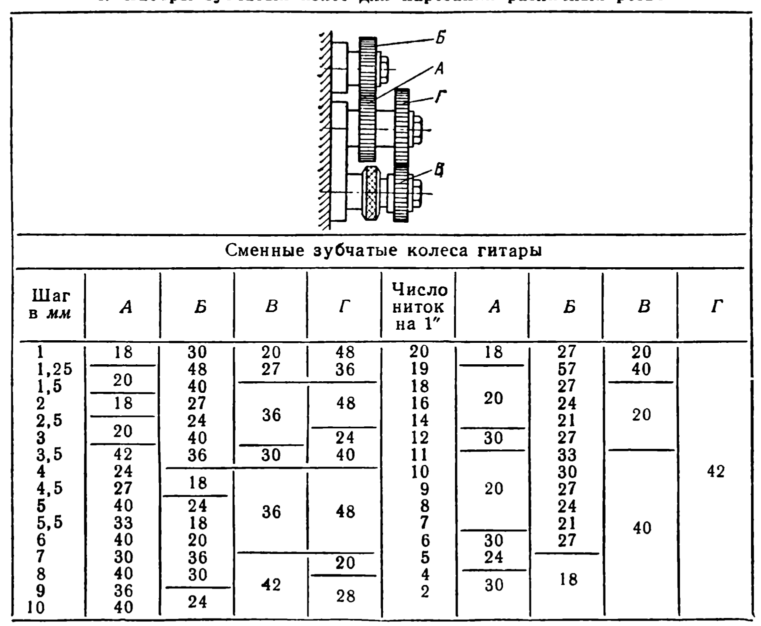
Ступени скоростей	Число оборотов в минуту шпинделя	Расчет по кинематической схеме	Число оборотов в минуту планшайбы	Расчет по кинематической схеме
1	20	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	10	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
2	25	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	13	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
3	32	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	16	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
4	40	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	20	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
	50	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	25	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
6	64	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	32	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{19}{48}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
7	80	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	40	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
8	100	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	50	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$

9	125	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	64	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
10	160	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	80	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
11	200	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	100	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
12	250	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	125	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{22}{55}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
13	315	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	160	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
14	400	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$	200	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{22}{58}\cdot 0{,}98$
15	500	$1440\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$		
16	630	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{20}{57}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$		
17	800	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{24}{53}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$		
18	1000	$2890\cdot\frac{90}{270}\cdot\frac{28}{49}\cdot\frac{47}{30}\cdot\frac{55}{35}\cdot\frac{43}{58}\cdot 0{,}98$		

3. Таблица подач горизонтально-расточного станка модели 262Г

№ ступени	Подачи на один оборот шпинделя в *мм*: шпинделя	стола: продольная	стола: поперечная	шпиндельной бабки	Подачи на один оборот планшайбы в *мм*: суппорта планшайбы	стола: продольная	стола: поперечная	шпиндельной бабки
1	0,05	0,025	0,025	0,025	0,025	0,05	0,05	0,05
2	0,07	0,035	0,035	0,035	0,035	0,07	0,07	0,07
3	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10
4	0,13	0,07	0,07	0,07	0,07	0,13	0,13	0,13
5	0,19	0,09	0,09	0,09	0,09	0,19	0,19	0,19
6	0,27	0,13	0,13	0,13	0,13	0,27	0,27	0,27
7	0,37	0,19	0,19	0,19	0,19	0,37	0,37	0,37
8	0,52	0,26	0,26	0,26	0,26	0,52	0,52	0,52
9	0,74	0,37	0,37	0,37	0,37	0,74	0,74	0,74
10	1,03	0,52	0,52	0,52	0,52	1,03	1,03	1,03
11	1,43	0,72	0,72	0,72	0,72	1,43	1,43	1,43
12	2,05	1,03	1,03	1,03	1,03	2,05	2,05	2,05
13	2,90	1,42	1,42	1,42	1,42	2,90	2,90	2,90
14	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00	4,00
15	5,70	2,90	2,90	2,90	2,90	5,70	5,70	5,70
16	8,00	4,00	4,00	4,00	4,00	8,00	8,00	8,00
17	11,10	5,60	5,60	5,60	5,60	11,10	11,10	11,10
18	16,0	8,00	8,00	8,00	8,00	16,0	16,0	16,00

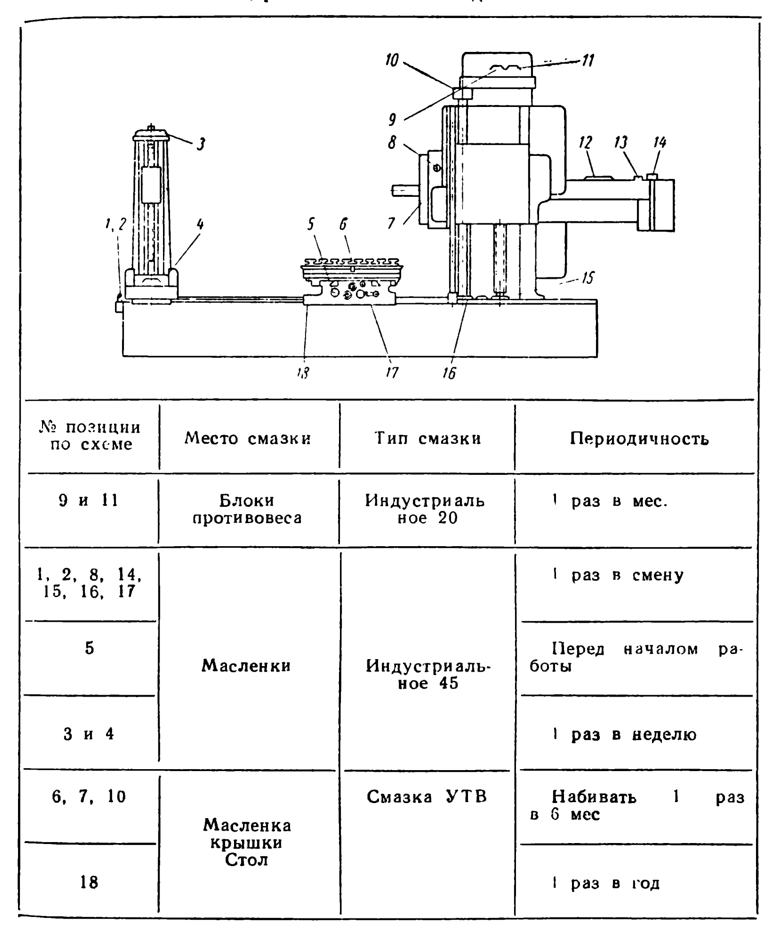
4. Наборы зубчатых колес для нарезания различных резьб



Сменные зубчатые колеса гитары

Шаг в *мм*	А	Б	В	Г	Число ниток на 1"	А	Б	В	Г
1	18	30	20	48	20	18	27	20	42
1,25	20	48	27	36	19	20	57	40	
1,5		40	36	48	18		27	20	
2	18	27			16		24		
2,5	20	24			14		21		
3		40		24	12	30	27		
3,5	42	36	30	40	11	20	33	40	
4	24	18	36	48	10		30		
4,5	27				9		27		
5	40	24			8		24		
5,5	33	18			7		21		
6	40	20			6	30	27		
7	30	36	42	20	5	24	18		
8	40	30		28	4	30			
9	36	24			2				
10	40								

5. Карта смазки станка модели 262Г



№ позиции по схеме	Место смазки	Тип смазки	Периодичность
9 и 11	Блоки противовеса	Индустриальное 20	1 раз в мес.
1, 2, 8, 14, 15, 16, 17	Масленки	Индустриальное 45	1 раз в смену
5			Перед началом работы
3 и 4			1 раз в неделю
6, 7, 10	Масленка крышки Стол	Смазка УТВ	Набивать 1 раз в 6 мес
18			1 раз в год

Неисправности станка модели 262Г и способы их устранения приведены в табл. 6.

Станки моделей 2620, 2620А, 2622 и 2622А и 2622П имеют общее конструктивное исполнение и компоновку, характерную для станков типа А, и заменяют станок модели 262Г Станки моделей 2620 и 2620А с радиальным суппортом на планшайбе и расточным шпинделем диаметром 90 *мм* отличаются большей универсальностью. Они предназначены преимущественно для выполнения расточных работ, требующих применения радиального суппорта для обтачивания торцов и консольного растачивания отверстий больших диаметров.

*

6. Часто встречающиеся неисправности станка модели 262Г, причины возникновения и способы их устранения

Неисправности	Причина возникновения	Способ устранения
При подрезке торца детали с расточного шпинделя возникают вибрации (дробления)	Велик зазор в конических роликовых подшипниках полого шпинделя	Выбрать зазоры регулировкой
Радиальное биение шпинделя		
При фрезеровании инструментом, закрепленным в расточном шпинделе, с использованием подачи шпиндельной бабки или стола, образуется ступенчатая поверхность, возникают вибрации	Недопустимо большие зазоры по направляющим передней стойки и по направляющим салазок	Тщательно пригнать клиновые планки и с помощью их выбрать зазоры, доведя их до 0,02—0,04 *мм*
При обработке торцов резцом с радиального суппорта образуются неровности и вибрации	Недопустимо большие зазоры между направляющими суппорта и планшайбы или направляющими стола	Выбрать зазоры путем пригонки и регулировки клиновых планок
При обработке торцов резцом, жестко закрепленным на планшайбе, возникают сильные вибрации, происходит отжим инструмента	Зазоры в конических роликовых подшипниках шпинделя планшайбы	Выбрать зазоры регулировкой
Прерывистость подачи (толчками) стола, шпиндельной бабки, расточного шпинделя, суппорта планшайбы	Нарушена жесткая связь винта подачи соответствующего органа станка с валом привода	Устранить
	Образование переносов подвижных органов с направляющими, загрязнены направляющие и появились задиры	Тщательно прочистить и промыть; если появились задиры, устранить, следить за наличием смазки
	Образовались осевые зазоры в креплениях валов и винтов, передающих движения	Подтянуть соответствующие гайки

Продолжение табл. 6

Неисправности	Причина возникновения	Способ устранения
При растачивании отверстий с перемещением продольного стола их оси при прямом и обратном растачивании не совпадают	Появление увеличенных зазоров по направляющим стола, вызывающих перекос стола	Пригнать клиновые планки и отрегулировать
Импульсное включение главного электродвигателя при задержке в переключении, как и выключение его при выбранном числе оборотов шпинделя или планшайбы, не осуществляется	Рычаг, воздействующий на переключатель полюсов, не замыкает его передние контакты в момент окончания переключения или при задержке переключения	Установить рычаг так, чтобы в момент окончания переключения скоростей были замкнуты передние контакты переключения полюсов при поджатой импульсной пружине
Импульсное включение главного электродвигателя при устранении задержки в переключении	Недостаточно усилие импульсной пружины	Отрегулировать или заменить пружину
Не осуществляется ускоренное перемещение при включении механизма	Не срабатывает фрикционная муфта	Поджать пружину фрикционной муфты и законтрить
Поворот стола точно на 90° не осуществляется	Неправильно отрегулированы упоры или загрязнены контактные поверхности упоров	Прочистить, отрегулировать упоры

Станки моделей 2622 и 2622А с усиленным расточным шпинделем диаметром 110 *мм* не имеют радиального суппорта и отличаются повышенной жесткостью и виброустойчивостью шпиндельного устройства. Они предназначены для работ, не требующих применения радиального суппорта. В зависимости от требуемой точности отсчета и установки по координатам эти станки изготовляются либо с оптическим устройством, либо с механизмом точного электроостанова. Станки моделей 2620 и 2622 с оптическими экранами (цена деления 0,01 *мм*) предназначены для инструментальных и механических цехов и используются при обработке деталей повышенной точности.

Станки моделей 2620А и 2622А имеют нониусное устройство (цена деления 0,05 *мм*) и механизм точного электроостанова. Они предназначены для широкого применения в механических цехах.

Горизонтально-расточные станки для механической обработки деталей больших габаритных размеров [моделей 2652, 2654, 2657, 265В с диаметром расточного шпинделя 150 *мм*; модели 2656 с диаметром расточного шпинделя 175 *мм*; моделей 2660, 2670 и 2680 с диаметром

расточного шпинделя соответственно 200, 250 и 300 *мм* позволяют растачивать отверстия диаметром до 1000 *мм*, а также производить сверление, зенкерование, фрезерование плоскостей и торцов, развертывание отверстий, обтачивание наружных диаметров и нарезание внутренних резьб резцом, закрепленным в расточном шпинделе.

Станки моделей 2654, 2656 и 2657 завода им. Свердлова имеют общую конструктивную базу, но отличаются компоновкой и размерами отдельных узлов.

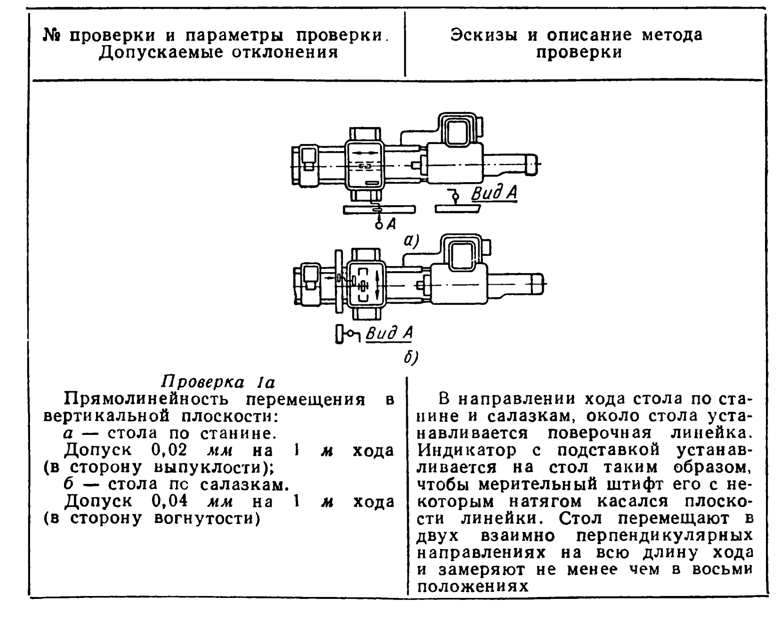
Станки моделей 2656 и 2657 являются станками-колонками и предназначаются для обработки особо крупных деталей. Станок-колонка модели 2657 допускает обработку на столе деталей весом до 12 *т*, а на плите — без ограничения веса.

Управление станками осуществляется с центрального пульта, однако оно может также производиться и с помощью переносного пульта дистанционно.

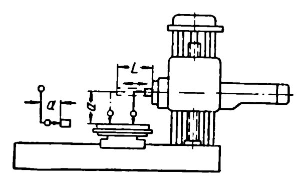
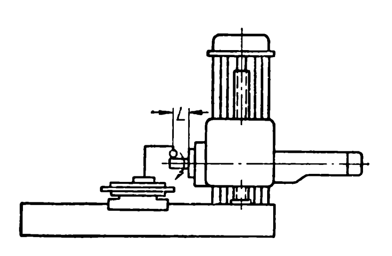
Испытание станков на точность

В соответствии с ГОСТом 2110—57 станок, после его установки, испытания на холостом ходу и под нагрузкой подвергают испытанию на соответствие нормам точности. Проверку на точность следует производить при возникновении систематических отклонений при растачивании, а также после ремонта станка. Параметры проверок, методы проверок и нормы точности приведены в табл. 7.

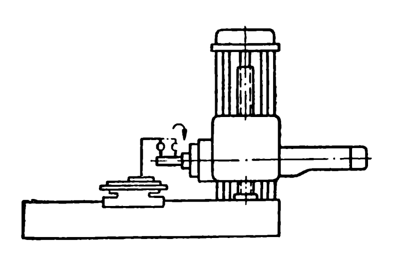
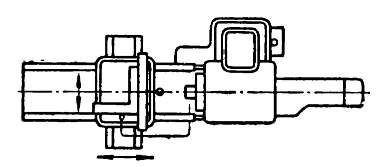
7. Испытание расточного станка на соответствие нормам точ по ГОСТу 2110—57

№ проверки и параметры проверки. Допускаемые отклонения	Эскизы и описание метода проверки
	
Проверка 1а Прямолинейность перемещения в вертикальной плоскости: *а* — стола по станине. Допуск 0,02 *мм* на 1 *м* хода (в сторону выпуклости); *б* — стола пс салазкам. Допуск 0,04 *мм* на 1 *м* хода (в сторону вогнутости)	В направлении хода стола по станине и салазкам, около стола устанавливается поверочная линейка. Индикатор с подставкой устанавливается на стол таким образом, чтобы мерительный штифт его с некоторым натягом касался плоскости линейки. Стол перемещают в двух взаимно перпендикулярных направлениях на всю длину хода и замеряют не менее чем в восьми положениях

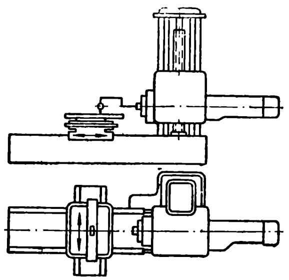
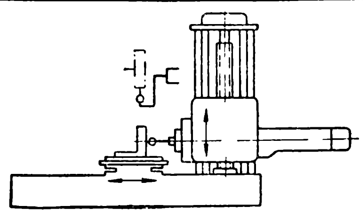
Продолжение табл. 7

№ проверки и параметры проверки. Допускаемые отклонения	Эскизы и описание метода проверки
	
Проверка 4 Прямолинейность перемещения расточного шпинделя: *а* — в вертикальной плоскости. Допуск 0,03 *мм* при ходе шпинделя на $l = 5D$; *б* — в горизонтальной плоскости. Допуск 0,02 *мм* на всю длину хода шпинделя	Поверочная линейка устанавливается на столе так, чтобы ее мерительные плоскости были расположены последовательно в вертикальной и горизонтальной плоскостях вдоль оси шпинделя. Индикатор устанавливается на шпинделе так, чтобы мерительный штифт с некоторым натягом прикасался последовательно к верхней и боковой поверхностям линейки Перемещая шпиндель на $l = 5D$ при проверке в вертикальной плоскости и на всю длину при проверке в горизонтальной плоскости. Замер производят через каждые 100 *мм* перемещения. Проверку следует повторить, повернув шпиндель на 180° при заново установленной поверочной линейке
	
Проверка 5 Радиальное биение расточного шпинделя. Допуск 0,025 *мм* на длине 300 *мм*	Шпиндель выдвигается на длину $l = 300$ *мм* от торца планшайбы. На столе станка устанавливается индикатор так, чтобы его мерительный штифт касался шпинделя на расстоянии 300 *мм* от торца планшайбы. Шпиндель приводится во вращение без планшайбы

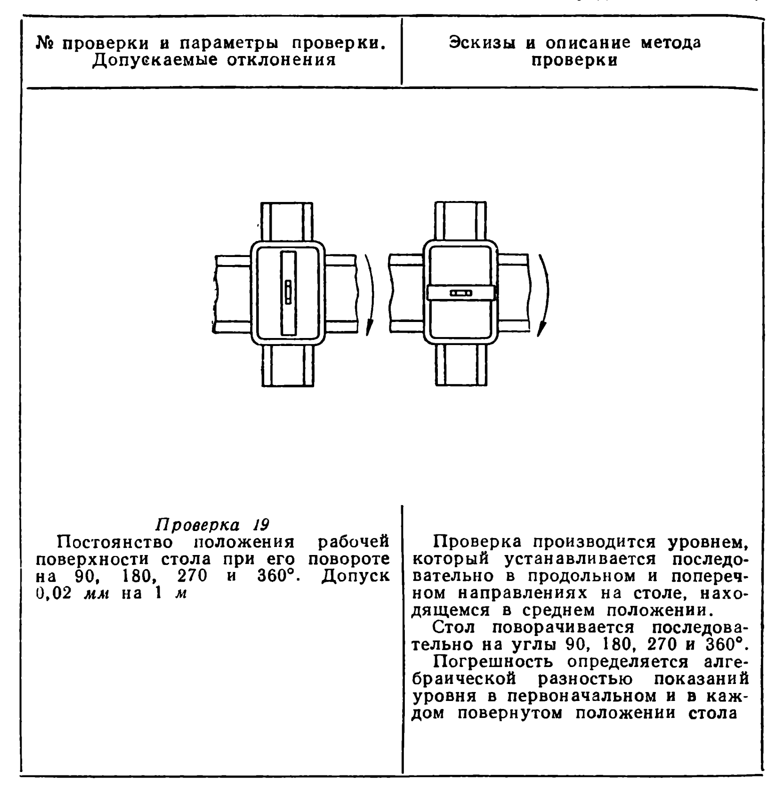
Продолжение табл. 7

№ проверки и параметры проверки. Допускаемые отклонения	Эскизы и описание метода проверки
	
Проверка 6 Радиальное биение оправки, находящейся в гнезде расточного шпинделя: *а* — при вращении шпинделя. Допуск 0,02 *мм* у торца шпинделя и на расстоянии 300 *мм* от торца. *б* — при вращении шпинделя и планшайбы. Допуск 0,04 *мм* у торца шпинделя и на расстоянии 300 *мм* от торца	Шпиндель выдвигается до второго окна для выбивания инструмента. На столе станка устанавливают индикатор так, чтобы его мерительный штифт касался верхней образующей оправки, вставленной в коническое отверстие шпинделя. Замеры производятся при положении индикатора у торца шпинделя и на 300 *мм* от него
	
Проверка 9а Перпендикулярность направлений перемещений стола по салазкам и стола вместе с салазками по станине. Допуск 0,02 *мм* на $l = 500$ *мм*	На столе станка устанавливается угольник так, чтобы одна его поверочная плоскость была параллельна направлению перемещения стола вдоль оси шпинделя. Индикатор закрепляется на шпинделе так, чтобы мерительный штифт его касался другой поверочной поверхности угольника или линейки, прикрепленной к этой грани. Перемещение стола по салазкам поперечное. Перемещение стола вместе с салазками по станине продольное. Проверка производится в среднем положении стола

Продолжение табл. 7

№ проверки и параметры проверки. Допускаемые отклонения	Эскизы и описание метода проверки
	
Проверка 11 Параллельность рабочей поверхности стола направлениям движения стола: *а* — в продольном направлении. Допуск 0,03 *мм* на 1 *м* хода; *б* — в поперечном направлении. Допуск 0,03 *мм* на 1 *м* хода	На параллельных подкладках одинаковой высоты на рабочей поверхности стола, вдоль направления перемещения устанавливается линейка. Индикатор укрепляется на шпинделе таким образом, чтобы его мерительный штифт касался верхней поверочной грани линейки с небольшим натягом. Стол последовательно перемещается во взаимно перпендикулярных направлениях. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний индикатора
	
Проверка 12 Перпендикулярность направления шпиндельной бабки к рабочей поверхности стола: *а* — в плоскости, параллельной оси шпинделя. Допуск 0,03 *мм* на 1 *м* хода. *б* — в плоскости, перпендикулярной оси шпинделя. Допуск 0,03 *мм* на 1 *м* хода (только в сторону стола)	На середине стола устанавливается угольник так, чтобы его вертикальные поверочные поверхности находились соответственно в плоскости, перпендикулярной оси шпинделя, и в плоскости, параллельной оси шпинделя. Индикатор устанавливается на шпиндельной бабке, а мерительный штифт подводится к одной из поверочных поверхностей угольника с небольшим натягом. Перемещая шпиндельную бабку в вертикальном направлении, отмечают величину отклонения стрелки индикатора. Проверка ведется при среднем положении стола

Продолжение табл. 7



№ проверки и параметры проверки. Допускаемые отклонения	Эскизы и описание метода проверки
Проверка 19 Постоянство положения рабочей поверхности стола при его повороте на 90, 180, 270 и 360°. Допуск 0,02 *мм* на 1 *м*	Проверка производится уровнем, который устанавливается последовательно в продольном и поперечном направлениях на столе, находящемся в среднем положении. Стол поворачивается последовательно на углы 90, 180, 270 и 360°. Погрешность определяется алгебраической разностью показаний уровня в первоначальном и в каждом повернутом положении стола

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНЫМ СТАНКАМ

В единичном или мелкосерийном производстве затрачиваемое время на установку, выверку и закрепление детали занимает значительную часть всего времени, которое необходимо для выполнения операции. Сокращение этого времени можно обеспечить применением некоторых приспособлений (табл. 8—13).

Основные способы установки деталей на горизонтально-расточных станках следующие:

деталь устанавливается непосредственно на поверхность стола или плиты;

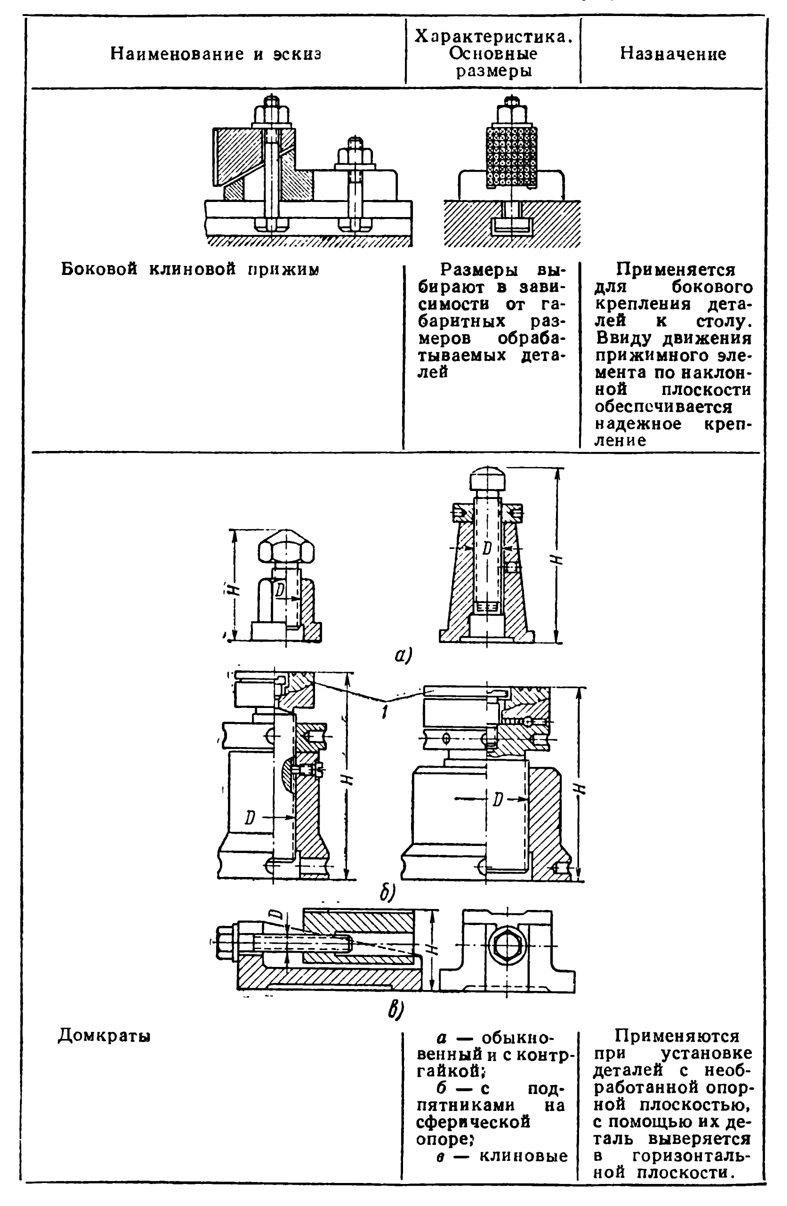
деталь ставится на подкладки, бруски, угольники или призмы;

деталь устанавливается в приспособлении, тисках, кулачковом патроне и т. п.

8. Приспособления для закрепления деталей на горизонтально-расточном станке

Наименование и эскиз	Характеристика. Основные размеры	Назначение
а) *б)* Прижимные планки (прихваты)	*а* — односторонние; *б* — быстросъемные	Для закрепления деталей на столе расточного станка
d *T* *B* Упоры	*B* — по пазу стола; *d* — по зажимному винту. Гребень *B* выполняется точно параллельно плоскости *T*	Для выверки детали параллельно пазу стола. Может быть использован для бокового закрепления обрабатываемой детали
Боковой винтовой прижим	Размеры в зависимости от паза стола станка и назначения	Применяется как боковой прижим, устанавливаемый для предупреждения смещения детали во время обработки. Используется для обеспечения точной выверки детали во время установки

Продолжение табл. 8

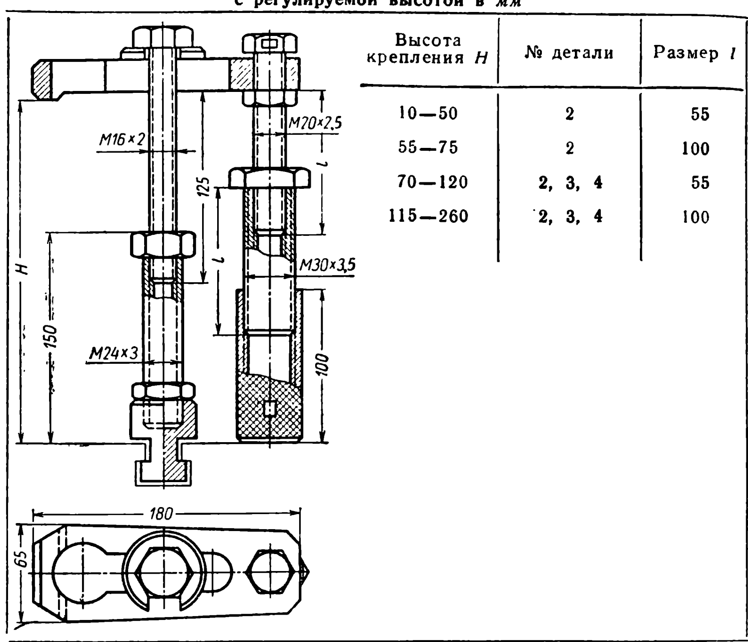


Наименование и эскиз	Характеристика. Основные размеры	Назначение
Боковой клиновой прижим	Размеры выбирают в зависимости от габаритных размеров обрабатываемых деталей	Применяется для бокового крепления деталей к столу. Ввиду движения прижимного элемента по наклонной плоскости обеспечивается надежное крепление
Домкраты	*а* — обыкновенный и с контргайкой; *б* — с подпятниками на сферической опоре; *в* — клиновые	Применяются при установке деталей с необработанной опорной плоскостью, с помощью их деталь выверяется в горизонтальной плоскости.

Продолжение табл. 8

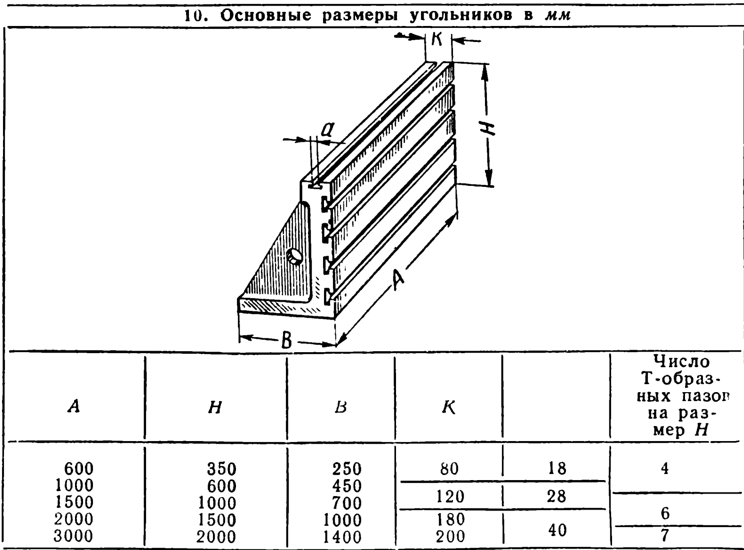
Наименование и эскиз	Характеристика. Основные размеры	Назначение
	Величины H и D определяются в зависимости от габаритных размеров обрабатываемых деталей	Применяются для установки и выверки тяжелых деталей
Распорные винты	$L=50\div400$ $L=400\div2600$	Применяются для облегчения установки крупных деталей. Используются для бокового поджима обрабатываемых деталей
Регулировочные опоры 1 2 3	$H=100\div600$	Регулировка по высоте производится за счет вывертывания винта *1*. Винт *3* и гайка *2* служат как стопоры
1 2 3 4 H	$H=600\div1200$	Опора *1* изменяется по высоте при перемещении кулачка *3*, связанного с опорой планками *4* по рейке *2*

9. Размеры крепежных приспособлений с регулируемой высотой в *мм*



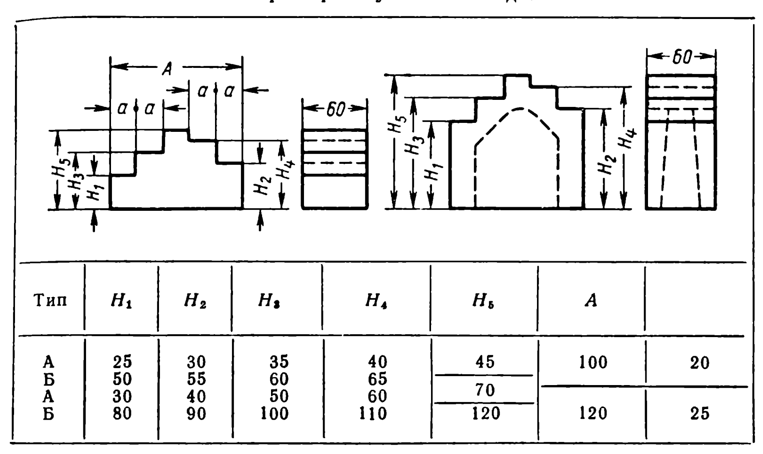
Высота крепления *H*	№ детали	Размер *l*
10—50	2	55
55—75	2	100
70—120	2, 3, 4	55
115—260	2, 3, 4	100

10. Основные размеры угольников в *мм*



A	*H*	*B*	*K*		Число Т-образных пазов на размер *H*
600	350	250	80	18	4
1000	600	450	120	28	
1500	1000	700			6
2000	1500	1000	180	40	
3000	2000	1400	200		7

11. Основные размеры ступенчатых подставок в *мм*



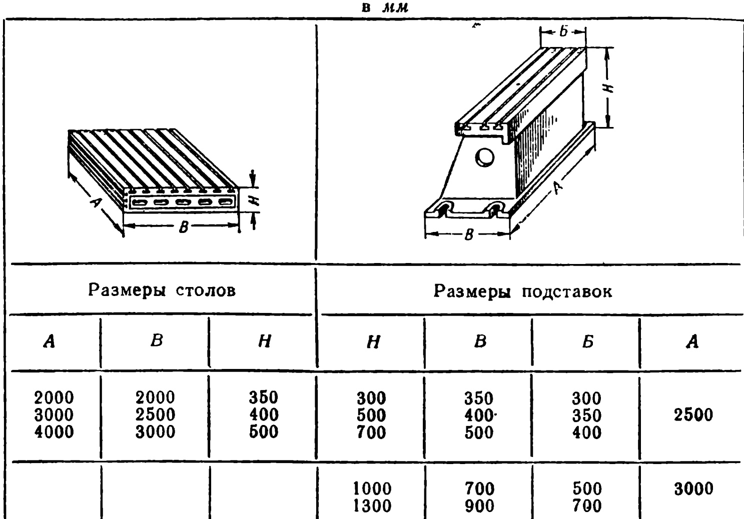
Тип	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	A	
А	25	30	35	40	45	100	20
Б	50	55	60	65	70		
А	30	40	50	60			
Б	80	90	100	110	120	120	25

12. Мерные подкладки

а) б) в)

Параметры		№ подкладки							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Размеры в *мм*	*H*	5	10	20	50	100	150	250	300
	B	40	50	50	60	70	100	150	250
	A	80	100	100	105	105	200	350	600
		а					*б*	*в*	
Материал		Цементуемая сталь					Серый чугун марки СЧ 15-32		

13. Основные размеры сменных столов и параллельных подставок в *мм*



Размеры столов			Размеры подставок			
А	*В*	*Н*	*Н*	*В*	*Б*	*А*
2000 3000 4000	2000 2500 3000	350 400 500	300 500 700	350 400· 500	300 350 400	2500
			1000 1300	700 900	500 700	3000

АЛМАЗНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

Алмазно-расточные станки (табл. 14) предназначены для окончательного тонкого растачивания точных по размеру и форме отверстий. Тонкое растачивание позволяет получить также чистоту поверхности отверстий высоких классов.

14. Основные технические характеристики некоторых алмазно-расточных станков

Наименование станка	Номер модели	Размеры стола или диаметр расточки	Скорость главного движения в *об/мин*	Мощность двигателя в *квт*	Вес в *т*	Изготовитель
Горизонтальные алмазно-расточные односторонние повышенной точности	2705 2А710 2713 2706	320×500 400×800 630×1000 320×500	5500 5000 4000 5500	2,0 2,8 4,5 4,5	1,5 1,9 2,5 2,5	Одесский завод радиально-сверлильных станков
Горизонтальные алмазно-расточные двусторонние	2А715 2А716	400×800 630×1250	5000 5000	4,5 4,5	3,0 5,4	
Вертикальные алмазно-расточные повышенной точности	278 2792	⌀ 160 ⌀ 200	80—450 (*мм/мин*) По наладке	1,7 4,5	2,0 12,0	Майкопский завод им. Фрунзе
Переносной расточной для расточки блоков цилиндров	2685	⌀ 125	280 (*м/мин*)	0,65	0,1	То же

Детали на этих станках обрабатываются на высоких скоростях резания (до 1000 *м/мин*) при малых подачах (0,01—0,1 *мм/об*) и незначительных глубинах резания (0,05—0,5 *мм*).

Для обеспечения указанных режимов резания алмазно-расточные станки снабжены быстроходными расточными головками и бесступенчатой гидравлической подачей.

Выпускаемые алмазно-расточные станки различаются по компоновке: горизонтальные односторонние и двусторонние; вертикальные с верхним и нижним расположением шпинделей.

Они различаются также по размерам рабочего стола и установленной мощности электродвигателей.

Наиболее распространенными алмазно-расточными станками являются многошпиндельные двусторонние алмазно-расточные станки с горизонтальным расположением шпиндельных головок.

Ниже приводится техническая характеристика и сведения по наладке станка модели 2А715.

Основная техническая характеристика станка модели 2А715

Шпиндельная головка

1. Максимальное количество головок, устанавливаемых на каждом мостике, в штуках;	
0. Типоразмера АР-0 .	4
1. » АР-13 .	4
2. » АР-23 .	3
3. » АР-33 .	3
4. » АР-4 .	2
2. Диаметр растачиваемого отверстия в *мм*	Наименьший 8, наибольший 200
3. Число скоростей шпинделя	1
4. Наибольшее число оборотов шпинделя в минуту (зависит от наладки)	5000
5. Число оборотов приводного электродвигателя в минуту (зависит от наладки) . . .	1000—3000
6. Мощность приводного электродвигателя в *квт* (зависит от наладки)	1—4,5
7. Наименьший диаметр шкива головки в *мм* (зависит от наладки) для типоразмеров головок;	
0; 1; 2; 3	100
4 .	150
8. Наименьший диаметр шкива приводного электродвигателя в *мм* (зависит от наладки)	100
9. Расстояние от оси шпинделя до стола в *мм*;	
0. Типоразмера АР-0	230
1. » АР-13 .	230
2. » АР-23 .	240
3. » АР-33 .	255
4. » АР-4	270
10. Наименьшее расстояние между головками на мостике в *мм* (зависит от наладки);	
0. Типоразмера АР-0	100
1. » АР-13 .	120
2. » АР-23 .	150
3. » АР-33 .	190
4. » АР-4	245

Стол

1. Крепежная площадь стола в *мм*	400×600
2. Наибольший ход стола в *мм*	450
3. Подача	Бесступенчатая
4. Наименьшая рабочая подача в *мм/мин*	10
5. Количество настраиваемых подач в каждом направлении:	
стандартное. .	1
по особому заказу	2
6. Скорость быстрого хода в *мм/мин*	2000—2500
7. » рабочего » » » . . .	20—500
8. Расстояние от основания станка до крепежной плоскости стола в *мм* .	890

Гидронасосный агрегат

1. Тип насоса гидравлики	Л1Ф-25
2. Тип электродвигателя — фланцевый . . .	АО41-6
3. Число оборотов электродвигателя в минуту	1000
4. Мощность электродвигателя в *квт*	1
5. Производительность насоса в *л/мин*	25
6. Рабочее давление в сети в *атм*	10—12

Охлаждение

1. Тип насоса — лопастной	П22А
2. Привод	Встроенный электродвигатель
3. Производительность в *л/мин*	22

Привод

1. Род тока	Трехфазный
2. Напряжение в *в*	380
3. Число электродвигателей на станке в шт.:	
без охлаждения	3
с охлаждением	4

Габаритные размеры в мм и вес в кГ

1. Длина	2016
2. Ширина	1200
3. Высота	1400
4. Вес	3000

Изменение скоростей вращения шпинделей (табл. 15). Скорость вращения шпинделей на станке 2А715 может устанавливаться в пределах 620—2500 *об/мин* без смены шкивов на головках и ремней. Изменение числа оборотов головки достигается за счет перестановки шкивов на вал электродвигателя привода.

Диаметр шкива приводного электродвигателя определяется по следующей формуле:

$$D_{шк.\,эл.\,дв} = \frac{n_{шп} D_{шк.\,шп}}{n_{эл.\,дв}} = \frac{n_{шп} 150}{n_{эл.\,дв}},$$

где $D_{шк.\,эл.\,дв}$ — диаметр шкива электродвигателя;
$n_{шп}$ — требуемое число оборотов шпинделя в минуту;
$D_{шк.\,шп}$ — диаметр шкива шпиндельной головки (150 *мм*);
$n_{эл.\,дв}$ — число оборотов в минуту электродвигателя.

15. Установка чисел оборотов шпинделей головок станка 2А715

Межосевые расстояния шпиндельных головок в *мм*	160—430					
Число оборотов шпинделей в минуту	620	1240	945	1890	1920	2500
Диаметр шкива электродвигателя в *мм*	100	200	100	200	100	130
Число оборотов электродвигателя в минуту	930		1420		2880	
Диаметр шкива шпиндельной головки в *мм*	150					

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К АЛМАЗНО-РАСТОЧНЫМ СТАНКАМ

Приспособления, устанавливаемые на алмазно-расточной станок, для закрепления деталей должны отвечать следующим основным требованиям:

обеспечивать достаточную жесткость для работы на высоких режимах резания;

зажимные элементы не должны деформировать деталь при зажиме;

наличие мест для отвода стружки;

свободный доступ для установки и снятия деталей и их замеров.

В зависимости от характера производства приспособления для алмазно-расточных станков могут выполняться с ручным или механизированным зажимом. С ручным зажимом приспособления изготовляются в условиях единичного или мелкосерийного производства, приспособления с механизированным (чаще пневматическим) зажимом — в условиях крупносерийного и массового производства. На рис. 4 показано приспособление для алмазно-расточного станка. Приспособление состоит из основания *1*, опорной части *2*; *3*; *4*, двух стоек *5* и *12*, откидной планки *11* и вмонтированного в нее посредством гайки *8* и стопора *7* винтового зажима *6* с прижимной шайбой *10*, удерживаемой на конце штифтом *9*.

Деталь (показана штрих-пунктирной линией) устанавливают отверстием на фиксатор *14* на опорную плоскость, а с помощью скалки *13*, вставленной в готовое отверстие детали, выверяют по пазам, имеющимся в направляющих *15* и *16*. Такая установка позволяет производить обработку двух отверстий, растачиваемых в направлении стрелок *А* и *В*. Растачивание этих отверстий, разных по диаметру, ведется с двух

противоположно расположенных шпинделей станка. Соосность растачиваемых отверстий и их перпендикулярность к ранее обработанному отверстию в детали обеспечивается тщательной выверкой самих шпиндельных головок станка и положения приспособления относительно их оси вращения. Расточка производится поочередно ходом стола влево на левый шпиндель станка и вправо на правый шпиндель.

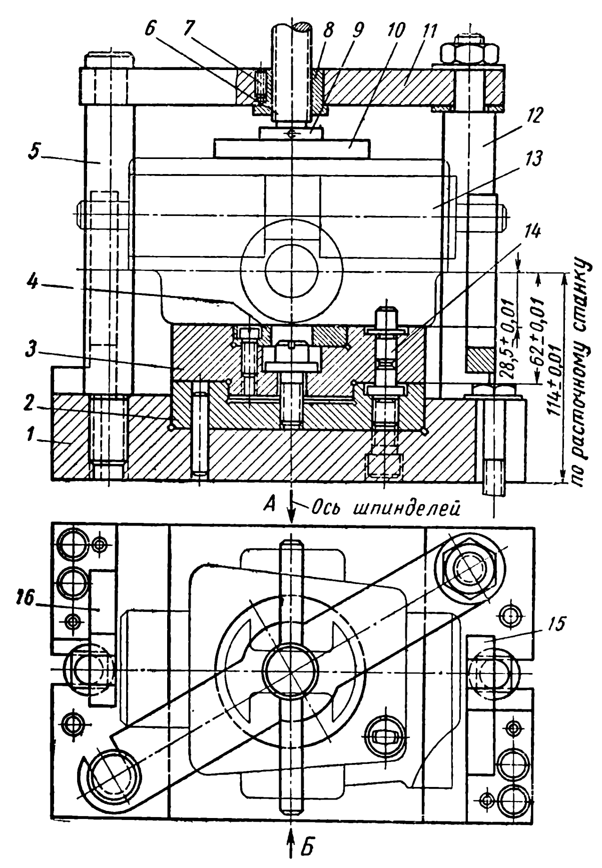


Рис. 4. Приспособление для установки детали на алмазно-расточном станке

КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

Координатно-расточные станки предназначаются для окончательной обработки точных и точно расположенных отверстий в деталях машин и приборов, штампов, приспособлений, инструментов и других изделий. На этих же станках можно производить чистовое фрезерова-

ние плоскостей, точную разметку, а также использовать их в качестве измерительных машин при измерении деталей сложной конфигурации.

Современные координатно-расточные станки позволяют обеспечивать точность расстояний между осями отверстий до 0,005 *мм* при расстоянии между отверстиями около 1000 *мм*. Кроме того, эти станки должны обеспечивать высокую точность геометрической формы отверстий.

Отклонения на конусность и овальность в отдельных случаях обеспечиваются минимальными — в пределах 0,001—0,002 *мм*. Достигается точность пересечения отверстий в пределах 0,002—0,003 *мм*. Чистота обрабатываемой поверхности отверстий ▽7—▽8.

Координатно-расточные станки позволяют также получить высокую точность по плоскостности при фрезеровании плоскостей, по перпендикулярности осей отверстий к базовой поверхности детали и по ряду других параметров.

На координатно-расточных станках выполняются следующие работы:

обработка отверстий с точным обеспечением межосевых расстояний и расстояний от базовых поверхностей. При обработке отверстий выполняются операции: сверление, зенкерование, развертывание и растачивание;

чистовое фрезерование поверхностей деталей;

точная разметка;

измерение деталей сложной конфигурации, обработанных на других станках.

Характерной особенностью координатно-расточных станков является наличие устройств для точной установки и точного измерения перемещений. К этим устройствам или, как их называют, отсчетно-измерительным системам предъявляются следующие требования:

достижение максимально высокой точности измерений;

возможность отсчета измерений по шкале, наименьшая цена деления которой 0,001 *мм*;

минимальная чувствительность к небольшим изменениям температуры воздуха в помещении;

быстрота и удобство осуществления перемещений и отсчета измерений;

возможность выдачи точных сигналов для автоматизации координатных перемещений;

надежность и долговечность измерительной системы в процессе эксплуатации станка.

На современных координатно-расточных станках применяется несколько различных измерительных систем.

Механические системы имеют три основные разновидности: с концевыми мерами, эталонной линейкой и измерительными (микрометрическими) ходовыми винтами. Их преимуществом является простота. Однако в силу неравномерного износа трущихся пар (ходовых винтов с гайками, направляющих) точность постепенно утрачивается.

Оптико-механические системы. Эталонами длины в этих системах являются штриховые меры, показания с которых проектируются на отсчетное устройство. Доли деления штриховых мер определяются путем механического перемещения отдельных элементов системы.

Эти системы удовлетворяют всем выше названным требованиям и нашли поэтому применение на современных координатно-расточных

станках высокой точности. В свою очередь, оптико-механические системы по виду штриховых мер, различаются на три основных типа: с цилиндрическими штриховыми мерами; с плоскими стеклянными штриховыми мерами; с плоскими металлическими штриховыми мерами.

Оптические измерительные устройства — это измерительные системы, имеющие в качестве эталонов длины штриховые меры, риски которых проектируются на неподвижные интерполирующие шкалы или растры, позволяющие непосредственно отсчитывать все десятичные знаки установленного размера. Так, на станке модели 2А450 цена наименьшего деления растра равна 0,002 *мм*. Однако, имея достаточный навык, можно отсчитывать и половину штриха, т. е. 0,001 *мм*.

Оптико-электрические измерительные устройства. Измерение величины перемещения производится с помощью оптических и электрических элементов. Эти измерительные системы благодаря наличию фотоэлектрических устройств, а также возможности точного завершения заданного перемещения позволяют исключить погрешности отсчета, связанные с зрительными возможностями и квалификацией оператора.

В некоторых моделях координатно-расточных станков указанные системы использованы для автоматизации выполнения координатных перемещений.

Электрические измерительные устройства основаны на использовании различных электрических датчиков без применения оптических устройств.

Эталонами длины на станках с электрической измерительной системой служат различные меры в виде шага винтовой поверхности, шага зубьев рейки и т. п.

Такие устройства служат в большинстве случаев лишь для установления с большой точностью симметричного положения датчика относительно поверхностей эталона длины. Их преимуществом является высокая точность определения симметричного положения поверхностей эталона длины с исключением возможных погрешностей, допускаемых оператором, и возможность получения электрического сигнала для использования при автоматизации координатных перемещений.

К недостаткам электрической измерительной системы следует отнести меньшую надежность системы в эксплуатации, несколько меньшую точность эталонных мер против прецизионных штриховых и отсутствие возможности непосредственного обнаружения вводимых погрешностей по причинам неисправности элементов электросистемы.

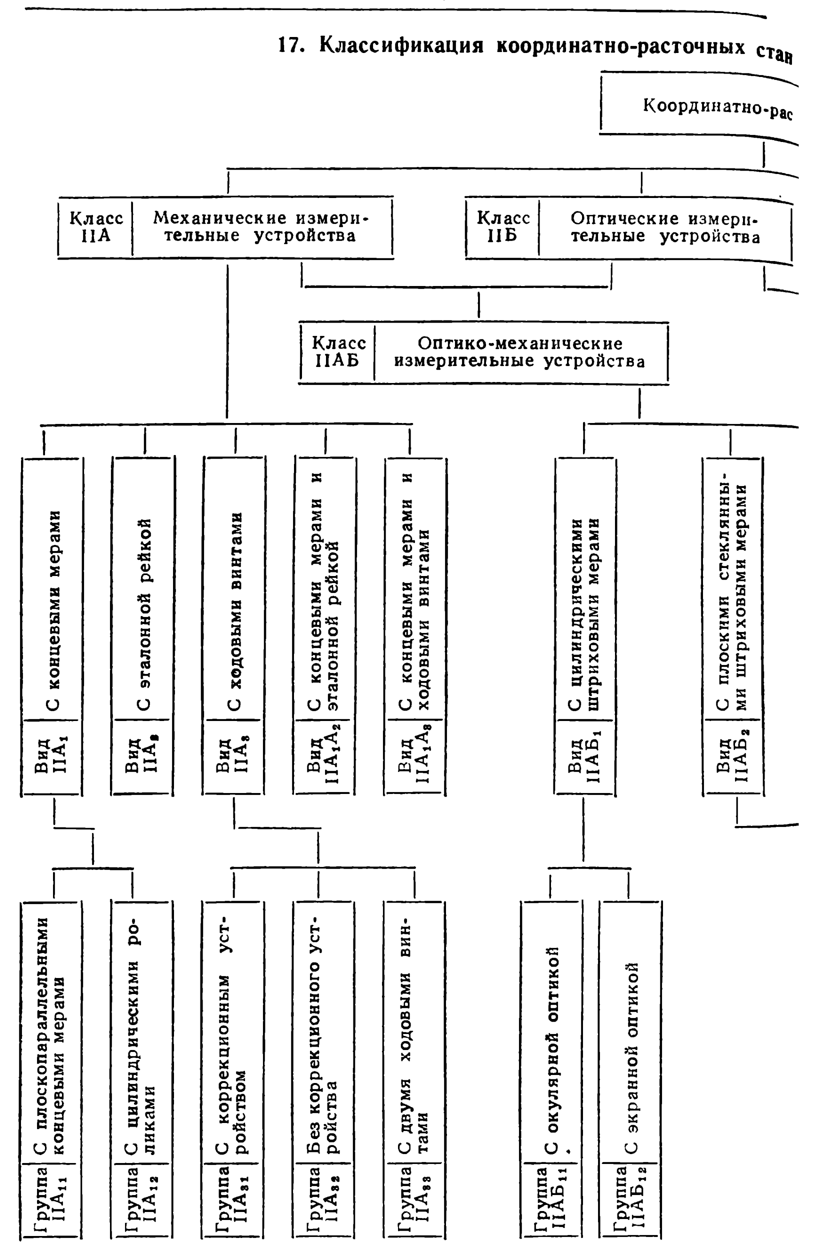
Пневматические измерительные устройства осуществляют измерение величин перемещений с помощью пневматических устройств. Они имеют высокую чувствительность, однако измерение с их помощью можно производить только малых величин (до 1 *мм*), поэтому здесь вызывается необходимость применения различных видов мер длины. Такие устройства дешевы и надежны, однако требуют тщательного ухода вследствие применения сжатого воздуха с наличием влажности.

Среди отечественных координатно-расточных станков наибольшее распространение получили: КР-450, 2445; 2А420, 2А430 (Одесский станкостроительный завод им. Кирова); 2В440, 2А450, 2В460 (Московский завод координатно-расточных станков); ЛР-87, ЛР-97 (Ленинградский станкозавод им. Свердлова). Координатно-расточные станки

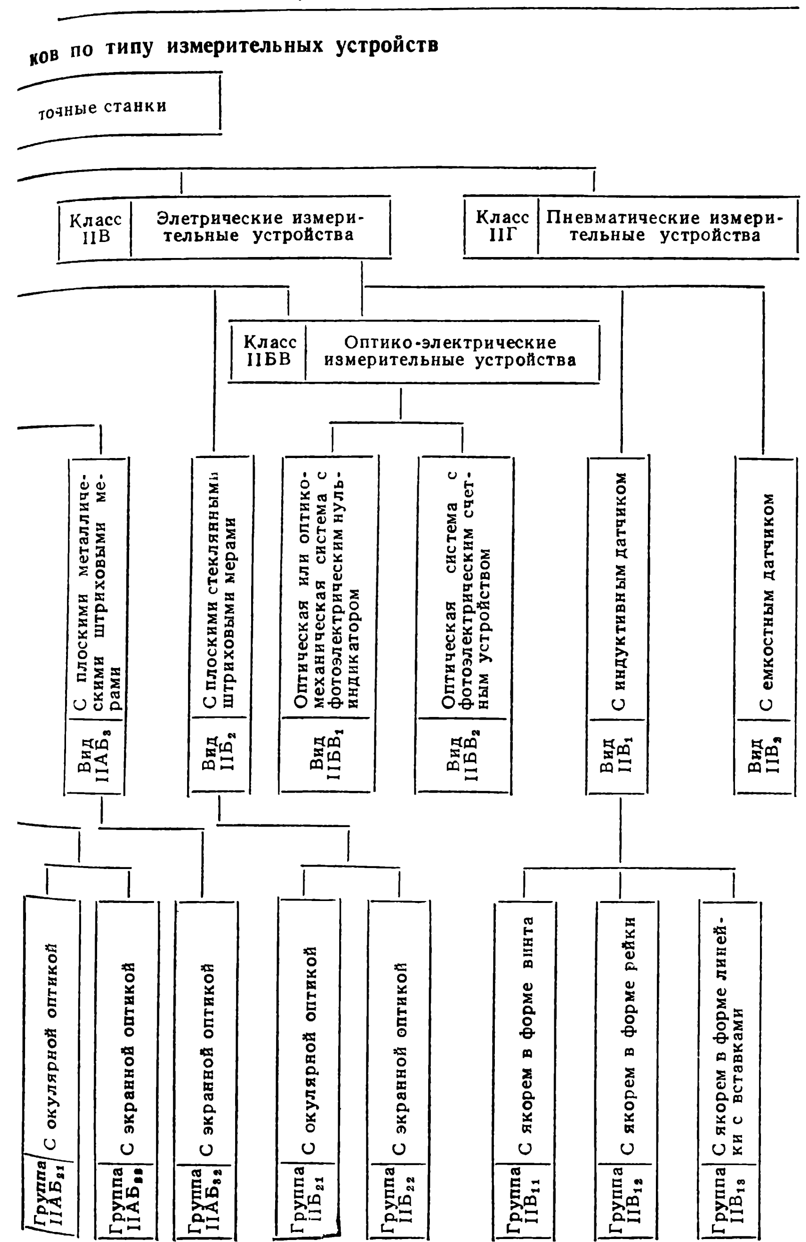
16. Классификация координатно-расточных станков по компоновке

- **Координатно-расточные станки**
  - **Класс IA** — Одностоечные с вертикальным шпинделем
    - Вид IA_1 — С «крестовым» столом
      - Группа IA_{11} — С неподвижной шпиндельной бабкой
      - Группа IA_{12} — С шпиндельной бабкой, перемещающейся по вертикальным направляющим Г-образной стойки
      - Группа IA_{13} — С шпиндельной бабкой, перемещающейся по вертикальным направляющим прямой стойки
      - Группа IA_{14} — С вертикально-перемещающейся стойкой
      - Группа IA_{15} — С боковым расположением шпиндельной бабки
    - Вид IA_2 — С поперечно-перемещающимся встроенным поворотным столом
    - Вид IA_3 — С продольно-перемещающимся столом и поперечно-перемещающейся стойкой
    - Вид IA_4 — С «крестовым» перемещением стойки
  - **Класс IБ** — Двухстоечные
    - Вид $IБ_1$ — С вертикальным шпинделем
      - Группа $IБ_{11}$ — С продольно-перемещающимся столом и поперечно-перемещающейся шпиндельной бабкой
      - Группа $IБ_{12}$ — С «крестовым» перемещением шпиндельной бабки
    - Вид $IБ_2$ — С вертикальным и горизонтальным шпинделем

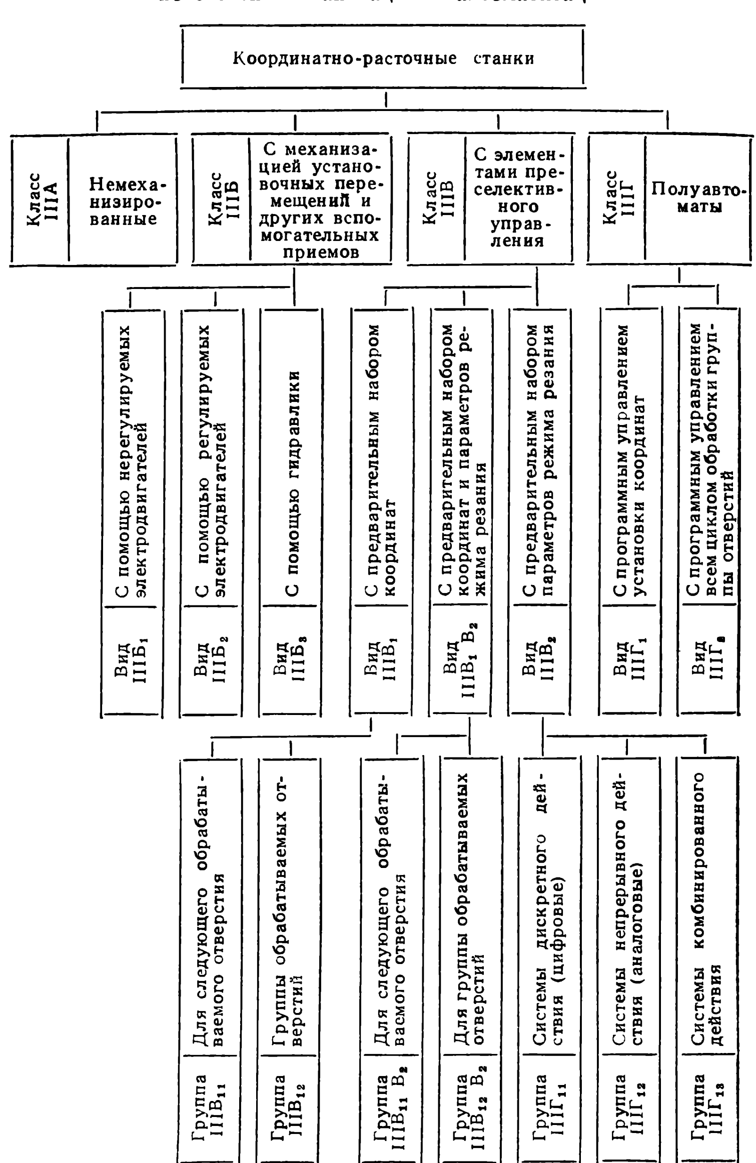
17. Классификация координатно-расточных стан



ков по типу измерительных устройств



18. Классификация координатно-расточных станков по степени механизации и автоматизации



классифицируются по трем основным признакам *: по компоновке (табл. 16); по типу отсчетно-измерительных устройств (табл. 17); по степени механизации и автоматизации (табл. 18).

Координатно-расточный станок модели 2А420 Одесского завода им. Кирова.

Координатно-расточный станок модели 2А420 является переработанной конструкцией станка модели 2420. Станок оснащен индуктивной измерительной системой с проходными винтовыми датчиками и устройством для предварительного набора координат с автоматической остановкой стола и салазок в заданном положении.

Основные данные технической характеристики станка модели 2А420

Рабочая поверхность стола в *мм*	200×400
Продольный ход стола в *мм*	300
Поперечный » » » »	200
Максимальный ход шпинделя (суммарный) в *мм*	300
Число скоростей шпинделя . . .	9
Диапазон чисел оборотов в минуту	28—2800
Мощность электродвигателя главного движения в *квт*	2/1, 7/0,7
Точность установки в *мм*	0,001
Габаритные размеры в *мм*:	
ширина	1100
длина	1600
высота	2000
Вес в *кг*	833

Кинематика основных механизмов станка. Привод главного движения. Как видно из кинематической схемы (рис. 5) вращение от трехскоростного электродвигателя ($N = 2/1$, $7/0,7$ *квт*, $n = 3000/1500/750$ *об/мин*) передается через клиноременную передачу с диаметрами шкивов 84 и 126 *мм*, пары зубчатых колес $z = 18$ и $z = 46$ или $z = 30$ и $z = 34$ (первый венец блока), далее через второй венец блока $z = 18$ на зубчатое колесо $z = 42$, связанное одной осью с зубчатым колесом $z = 31$. Вращение от зубчатых колес $z = 42$ и $z = 31$ передается соответственно на двухвенцовый блок с $z = 19$ и $z = 30$. Ширина зубчатого колеса $z = 53$ обеспечивает принятие вращения от первого венца $z = 19$ при обоих положениях блока относительно зубчатых колес $z = 42$ и $z = 31$. Верхний диапазон скоростей передается от электродвигателя через муфту *А* и клиноременную передачу со шкивами диаметрами 120 и 80 *мм*, минуя зубчатые колеса.

Структурно схема позволяет получить 12 ступеней вращения шпинделя только через зубчатые передачи и три через клиноременную, однако конструкция коробки скоростей предусматривает использование только десяти ступеней скоростей вращения шпинделя (30, 60, 120, 290, 580, 725, 1450 и 2900 *об/мин*). Пара зубчатых колес $z = 38$ и $z = 56$ передает вращение механизму подач.

Механизм подач. Кинематическая схема механизма подач (рис. 6) предусматривает три ступени подач пиноли шпинделя (0,035; 0,07 и 0,14 *мм/об*). Изменение величины подачи производится за счет перемещения трехвенцового блока зубчатых колес $z = 30$, $z = 40$ и $z = 20$. Муфта *А* обеспечивает реверсирование подачи пиноли шпинделя и возможность ручного перемещения.

* Классификация приводится по книге М. Я. Кашепава «Современные координатно-расточные станки». М. Машгиз, 1961.

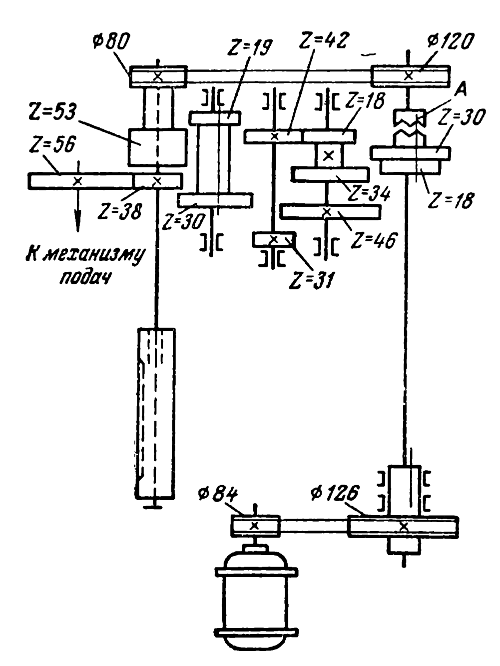


Рис. 5. Кинематическая схема привода главного движения станка модели 2А420

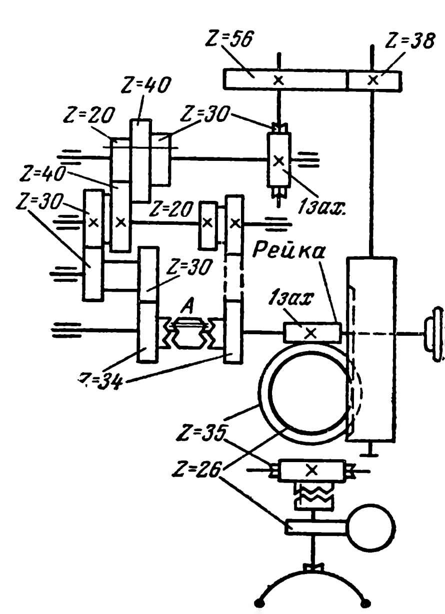


Рис. 6. Кинематическая схема механизма подач шпинделя станка модели 2А420

Механизм перемещения стола и салазок (рис. 7). Перемещение стола и салазок осуществляется от электродвигателя ФТ 0,25/4 через клиноременную передачу с диаметрами шкивов 65 и 120 *мм*, четырехступенчатую зубчатую передачу, состоящую из двухвенцового блока $z = 20$ и $z = 37$, двух подвижных блоков зубчатых колес $z = 36$, $z = 53$ и $z = 20$, $z = 48$ и двухвенцового блока $z = 53$ и $z = 25$.

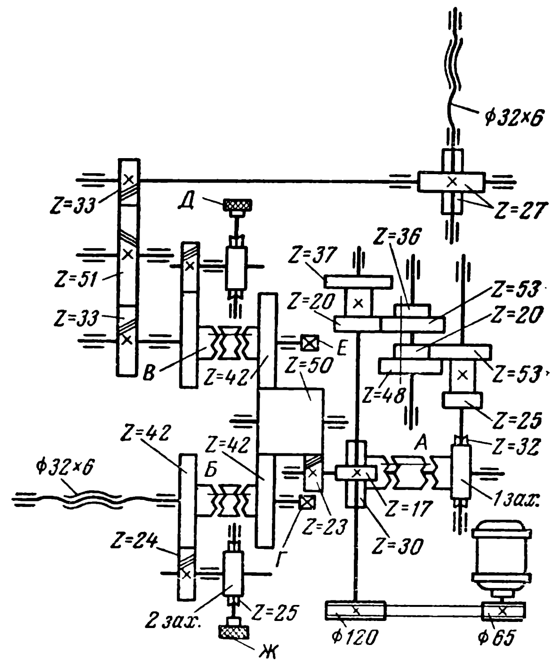


Рис. 7. Кинематическая схема привода перемещений стола станка модели 2А420

Далее движение передается на червячную пару с передаточным отношением $i = \frac{1}{32}$, кулачковую муфту *А*, зубчатое колесо $z = 23$ на распределительное зубчатое колесо $z = 50$. От распределительного зубчатого колеса движение передается через зубчатое колесо $z = 42$, кулачковую муфту *Б*, зубчатое колесо $z = 42$ на ходовой винт салазок $\varnothing\, 32 \times 6$. Перемещение стола осуществляется передачей движения от распределительного зубчатого колеса на зубчатые колеса $z = 42$ муфты *В*, зубчатые колеса $z = 33$; $z = 51$; $z = 33$ и зубчатую пару $z = 27$ на ходовой винт стола стана $\varnothing\, 32 \times 6$.

Быстрые перемещения стола и салазок осуществляются через пару винтовых зубчатых колес $z = 30$ и $z = 17$, включенную в левое положение муфты *А*, зубчатое колесо $z = 23$ и далее по схеме. Медленные

ручные перемещения стола и салазок осуществляются маховичками *Д* и *Ж* при включении муфт *В* и *Б* в левые положения. Быстрые ручные перемещения можно осуществлять посредством вращения осей *Г* и *Е*, на квадратные концы которых установлены съемные маховички.

Управление переключениями муфт *А*, *Б* и *В*, а также электродвигателем производится рукояткой, которая имеет крестообразное перемещение с фиксацией в восьми рабочих положениях. Направление перемещения рукоятки совпадает с направлением перемещения стола или салазок. Среднее положение рукоятки соответствует нейтральному, крайние — для быстрого перемещения, а промежуточный — для рабочей подачи. Для быстрого перемещения стола и салазок переключение муфты *А* в левое положение осуществляется той же рукояткой, причем при соответствующих ее положениях посредством микровыключателя включается для этой цели электромагнит.

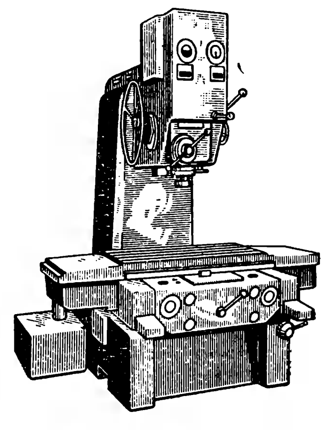


Рис. 8. Координатно-расточной станок модели 2В440

Включение муфты на рабочие подачи (правое положение) осуществляется пружиной при выключенном электромагните.

Координатно-расточной станок модели 2В440 Московского завода координатно-расточных станков (рис. 8) является усовершенствованным станком модели 2Б440. Станок, имеющий одностоечную компоновку, оснащен оптической измерительной системой с экранным отсчетом и плоскими штриховыми мерами. Стол и салазки станка имеют призматические и плоские направляющие качения.

Основные данные технической характеристики станка модели 2В440

Рабочая поверхность стола в *мм* . .	400×800
Продольный ход стола в *мм*	700
Поперечный » салазок стола в *мм*	400
Максимальный ход шпинделя (суммарный) в *мм*	400
Диапазон чисел оборотов в минуту	50—2000
Мощность электродвигателя главного движения в *квт*	2
Точность при установках (цена деления нониуса)	0,001
Габаритные размеры в *мм*;	
ширина	1500
длина	1400
высота	2200
Вес станка без принадлежностей в *кг*	3600

Кинематика основных механизмов станка. *Привод главного движения.* Из кинематической схемы (рис. 9) видно, что главное движение от электродвигателя постоянного тока, шунтового, мощностью $N = 2$ *квт* и номинальным числом оборотов в минуту $n = 700/2800$ с диапазоном регулирования скорости в шунте 4 : 1 передается в коробку скоростей через клиноременную передачу диаметрами

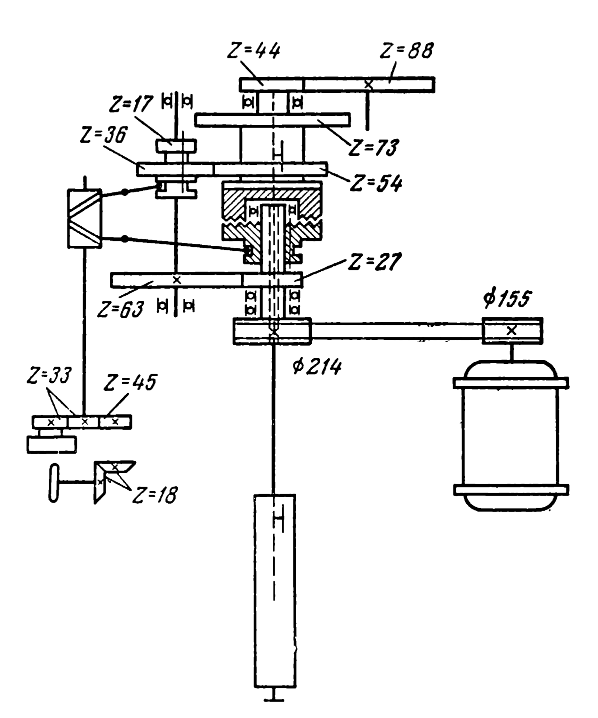


Рис. 9. Кинематическая схема привода главного движения станка модели 2В440

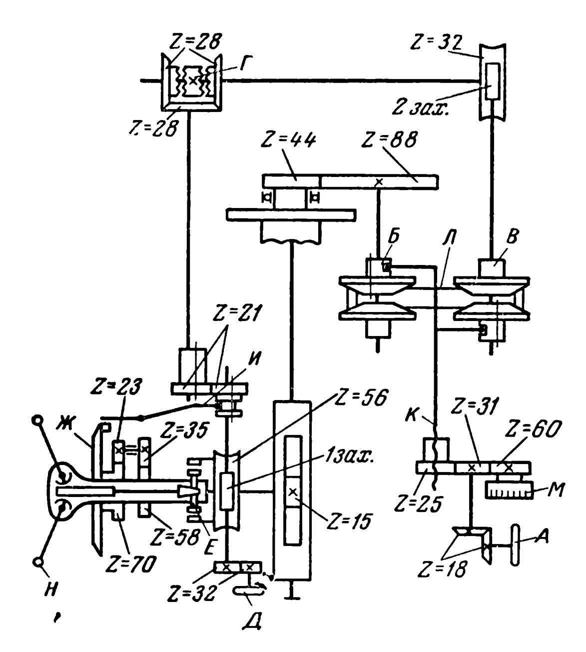


Рис. 10. Кинематическая схема механизма привода подач пиноли шпинделя станка модели 2В440

шкивов 155 и 214 *мм*. Конструкция коробки скоростей позволяет подключать шкив диаметром 214 *мм* непосредственно к шлицевой втулке и передавать вращение шпинделю в диапазоне скоростей 800—2000 *об/мин*. При включении кулачковой муфты передача вращения шпинделю производится через переборную группу, смонтированную на двух валиках. Два положения двухвенцового блока $z = 17$ и $z = 36$ определяют следующие два диапазона скоростей вращения шпинделя: средний 200—800 и нижний 50—200 *об/мин*.

Механизм подачи (рис. 10). Подача пиноли шпинделя осуществляется от пары зубчатых колес $z = 44$ и $z = 88$, связанных с системой главного движения через бесступенчатый вариатор *Б* и *В*, червячную пару

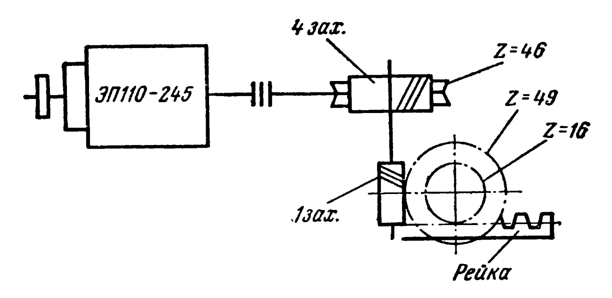


Рис. 11. Кинематическая схема привода перемещения стола станка модели 2В440

с передаточным отношением $i = \frac{2}{32}$, муфту реверсирования *Г*, зубчатую пару $z = 21$ и $z = 21$ на вторую червячную пару с $i = \frac{1}{56}$ и далее на зубчатое колесо $z = 15$, связанное с рейкой пиноли шпинделя. Изменение величины подачи производится с помощью вариатора *Б* и *В*. Вращением маховичка *А*, через коническую зубчатую пару $z = 18$; $z = 18$ и зубчатое колесо $z = 31$ передается вращение гайке с зубчатой нарезкой $z = 25$. Этим самым перемещается винт *К*, который, в свою очередь, сближает (раздвигает) половинки ведущего шкива *Б* и раздвигает (сближает) половинки ведомого шкива *В*. Так как перемещение половинок роликов шкивов производится равномерно, то контакт их с конической поверхностью кольца *Л* остается постоянным. Такой вариатор позволяет получить диапазон изменения подач 8 : 1. На станке модели 2В440 он находится в пределах 0,02—0,16 *мм/об*. На лимбе *М*, связанном зубчатым колесом $z = 60$ с зубчатым колесом $z = 31$, нанесены деления, указывающие величины подач в пределах этого диапазона. С помощью маховичка *Д* через зубчатую пару с $z = 32$ и $z = 32$ производится медленная ручная подача пиноли шпинделя. Быстрая подача шпинделя осуществляется штурвалом *Н* при выключенной фрикционной муфте *Е*.

Кулачок *И*, устанавливаемый на лимбе *Ж*, обеспечивает при достижении заданной глубины обработки, автоматический останов осевой подачи шпинделя посредством вывода из зацепления зубчатого колеса $z = 21$ с другим зубчатым колесом $z = 21$.

Механизм перемещения стола и салазок. Приводом перемещения стола и салазок станка модели 2В440 (рис. 11) является электродвигатель ЭП-245, вращение от которого передается через двухступенчатый червячный редуктор на реечное колесо, которое или перемещает рейку (привод стола), или перекатывается по неподвижной рейке (привод салазок). В конструкции привода предусмотрен маховичок для медленного ручного перемещения стола. Величины подач для фрезерования и установочных перемещений можно изменять в диапазоне 16—320 *мм/мин.*

Координатно-расточной станок модели ЛР-87 Ленинградского станкозавода им. Свердлова имеет двухстоечную компоновку с одним вертикальным и одним горизонтальным шпинделем. Измерительная система станка — оптико-механическая с экранным отсчетом и плоскими металлическими штриховыми мерами.

Основные данные технической характеристики станка модели ЛР-87

Рабочая поверхность стола в *мм*	1400×2200
Продольный ход стола в *мм*	2000
Поперечный ход коробки вертикальн шпинделя в *мм*	1400
Максимальное вертикальное перемещение коробки горизонтального шпинделя в *мм*	820
Максимальный ход вертикального шпинделя в *мм*	350
Число скоростей каждого из шпинделей	18
Диапазон чисел оборотов	36—1800
Мощность электродвигателя движения в *квт*	2,6/2,8
Точность при установках (цена деления нониуса в *мм*)	0,001
Габаритные размеры в *мм*:	
ширина	5300
длина	6170
высота .	4530
Вес станка без принадлежностей в *кг*	36 000

Кинематика основных механизмов станка. *Привод главного движения.* Вращение на шпиндель передается от двустороннего электродвигателя (рис. 12) мощностью 2,6/2,8 *квт* с числом оборотов в минуту 1430/2800 через клиноременную передачу с диаметрами шкивов 70 и 133 *мм* на подвижной блок $z = 41$ и $z = 31$, далее через зубчатые колеса $z = 62$ (или $z = 52$ при сцеплении с колесом $z = 41$) и $z = 20$ на многовенцовый блок $z = 24$, $z = 64$ и $z = 38$, от которого передается вращение на шпиндель через зубчатое колесо $z = 78$. Как видно из кинематической схемы, при различных положениях двух многовенцовых блоков получаем восемь, а при сцеплении последнего зубчатой парой $z = 54$ и $z = 44$ получаем девятую ускоренную передачу. Но так как электродвигатель является двухскоростным, то в конечном счете получаем 18 ступеней различных скоростей вращения шпинделя (табл. 19). Переключение многовенцовых блоков коробки скоростей производится однорукояточным селекторным механизмом.

Механизм подачи. На рис. 13 показана кинематическая схема подач вертикального шпинделя станка модели ЛР-87. Движение от регулируемого в широком диапазоне электродвигателя типа МИ-22ф передается через зубчатое колесо $z = 17$, двухвенцовый блок $z = 80$ и $z = 54$, зубчатое колесо $z = 80$ на кулачковую муфту *А*. Далее от муфты

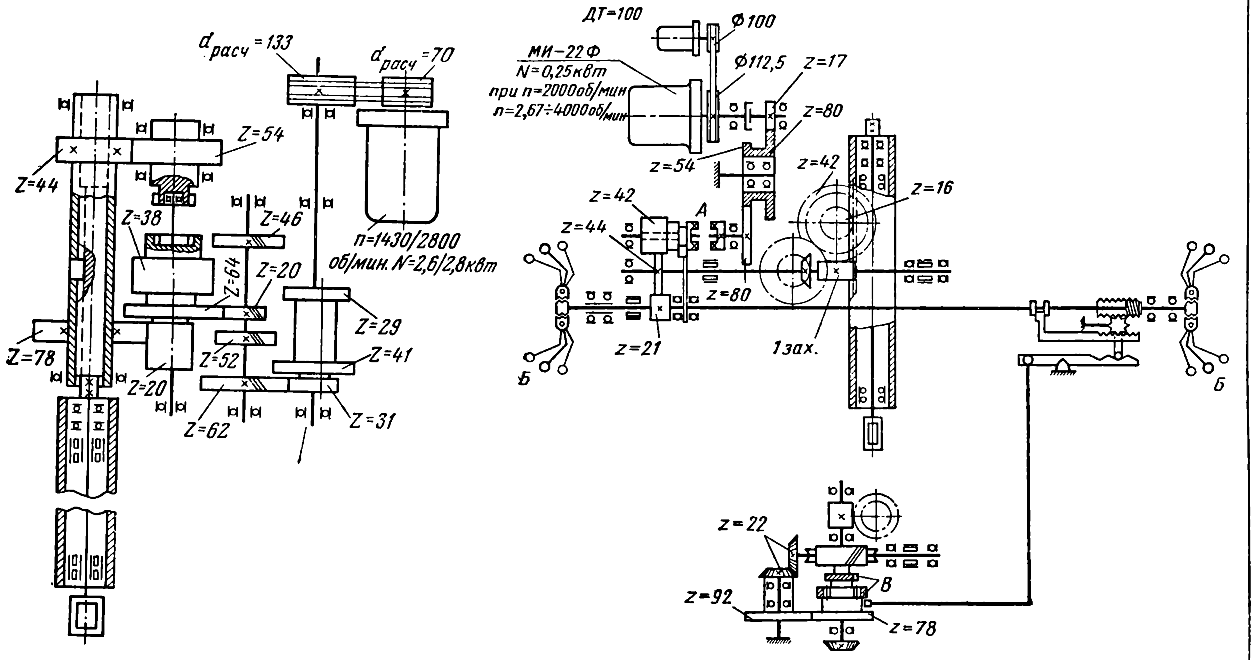


Рис. 12. Кинематическая схема привода главного движения станка модели ЛР-87

Рис. 13. Кинематическая схема подач пиноли шпинделя станка модели ЛР-87

19. Механика станка ЛР-87

Механизм главного движения					Механизм главного движения				
№ ступени	Число оборотов шпинделя в минуту	Крутящий момент на шпинделе в *кГм*	Мощность на шпинделе в *квт*	К. п. д. станка	№ ступени	Число оборотов шпинделя в минуту	Крутящий момент на шпинделе в *кГм*	Мощность на шпинделе в *квт*	К. п. д. станка
1	36	52,0			10	280	7,9	2,24	0,83
2	45	41,5	1,92		11	355	6,0	2,16	0,76
3	56	33,4		0,9	12	450	4,5	2,04	0,70
4	71	30,2			13	560	2,9	1,05	0,82
5	90	24,0	2,24		14	710	2,1		0,80
6	112	19,2			15	900	1,55		0,77
7	140	13,4		0,88	16	1120	1,05	—	0,61
8	180	10,6	1,92	0,87	17	1400	0,59		0,54
9	224	8,6		0,86	18	1800	0,12		0,45

через зубчатую пару $z = 22$ и $z = 44$, червячную пару с $i = \frac{1}{42}$ на зубчатое колесо $z = 16$, сопряженное с рейкой пиноли шпинделя.

Такая схема позволяет получить при наименьшей скорости вращения двигателя 2,67 *об/мин* скорость осевого перемещения пиноли шпинделя 0,8 *мм/мин*, что соответствует 0,02 *мм* на один оборот шпинделя (при 36 *об/мин*). Соответственно при максимальной скорости вращения шпинделя, равной 1800 *об/мин*, величина подачи будет 0,36 *мм/об*.

Механизм коробки подач позволяет осуществлять автоматическую и ручную подачи пиноли шпинделя, причем ручная может быть как медленной, так и быстрой. Автоматическая подача производится при сведенных рычагах *Б*, т. е. при включенных муфтах *А* и *В* и выведенным из зацепления с зубчатым колесом $z = 44$ зубчатого колеса $z = 21$. При среднем положении шарнирных рычагов *Б* производится быстрое ручное перемещение пиноли шпинделя; в этом случае муфты *А* и *В* выключены, а зубчатые колеса $z = 44$ и $z = 21$ находятся в зацеплении. Здесь движение на пиноль шпинделя передается от зубчатой пары $z = 21$ и $z = 44$ на коническую пару $z = 22$, зубчатые колеса $z = 92$ и $z = 78$, зубчатое колесо $z = 16$ и далее на зубчатую рейку пиноли шпинделя. Медленная ручная подача пиноли шпинделя осуществляется при разведенных до отказа шарнирных рычагах *Б*. В этом случае муфта *А* выключена, а муфта *В* включена. Движение на пиноль передается от зубчатой пары $z = 21$ и $z = 44$ на червячную пару и через зубчатое колесо $z = 16$ на рейку пиноли шпинделя.

Механизм перемещения стола и шпинделя бабок. На рис. 14 показана кинематическая схема перемещения стола станка модели ЛР-87. Движение от электродвигателя МИ-41 мощностью 1,1 *квт* через фрикционную предохранительную муфту *А* передается на зубчатые колеса $z = 17$ и $z = 122$, на коническую зубчатую пару $z = 18$ и $z = 54$, пару зубчатых колес $z = 17$ и $z = 45$ и далее на однозаходный червяк с $d_{нар} = 170$ *мм*, сопряженный с рейкой стола. Для ручного перемещения стола выведен вал зубчатого колеса $z = 17$ с квадратным окончанием под насадку съемного маховика.

*

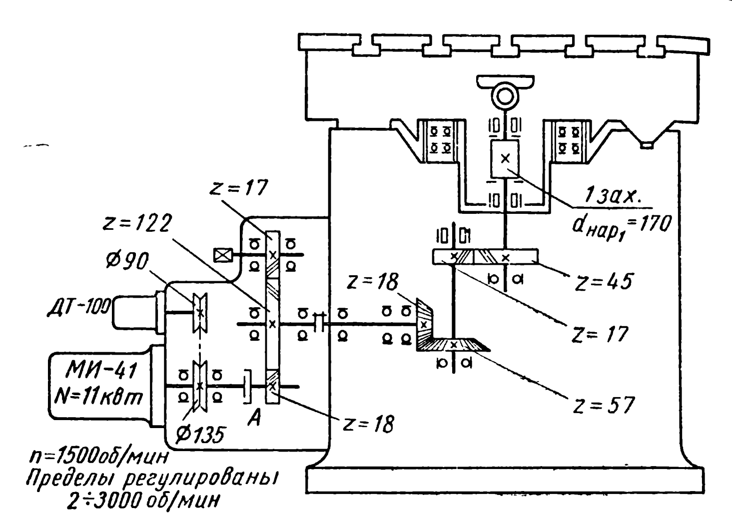


Рис. 14. Кинематическая схема перемещения стола станка модели ЛР-87

2зах Фнар=70
Z=24
A
МИ-41
Z=31
Z=76
2зах.
ДТ-100

Рис. 15. Кинематическая схема перемещения бабки вертикального шпинделя станка модели ЛР-87

На рис. 15 приведена кинематическая схема перемещения бабки вертикального шпинделя. Движение от электродвигателя МИ-41 передается через предохранительную фрикционную муфту *А*, зубчатые колеса $z = 24$ и $z = 76$ на червячную пару с $i = \frac{2}{31}$, на винтовую пару, связанную с бабкой.

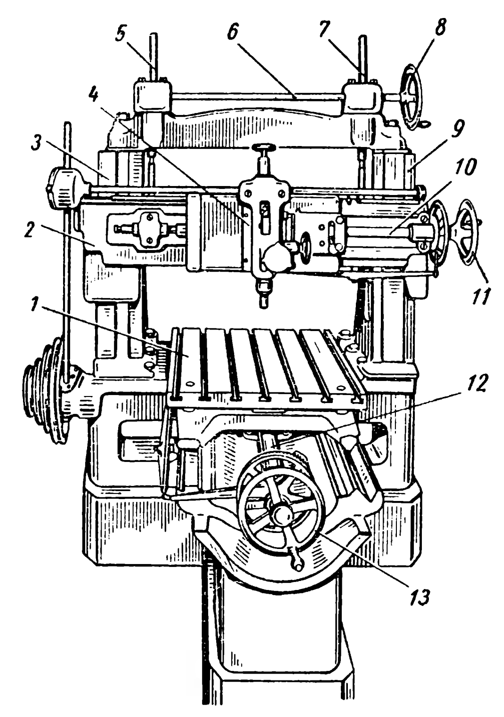


Рис. 16. Координатно-расточной станок фирмы СИП № 4

Механизм, осуществляющий перемещение бабки горизонтального шпинделя, аналогичен приведенному на рис. 25.

Координатно-расточные станки иностранных моделей. Наиболее распространенными в СССР являются станки фирм СИП, Линднер, Хаузер, Пратт и Уитней и др. Координатно-расточной станок фирмы СИП модели № 4 (рис. 16) является двухстоечным станком с механической отсчетно-измерительной системой. Рабочий стол *1* размером 400×600 *мм* имеет только продольное перемещение с помощью микрометрического винта *12* и маховика *13*. Шпиндельная головка *4* перемещается в поперечном направлении по траверсе *2* микрометрическим винтом *10* с маховиком *11*. Траверса перемещается в вертикальном направлении по направляющим *3* и *9* стоек

при вращении маховика *8*, связанным через вал *6* червячно-резьбовым соединением с винтами *5* и *7*. У модели станка МР4Б быстрое перемещение стола и подъем траверсы механизированы.

Координатно-расточной станок СИП модели № 6 (рис. 17) также двухстоечный компоновки, с размером рабочей поверхности стола 1024×1500 *мм*, имеет два вертикальных шпинделя *1* и *2*. Главный шпиндель имеет диапазон чисел оборотов шпинделя 40—200 в минуту, быстроходный 200—1000 *об/мин*. Быстрое перемещение стола механизировано. Передача главного движения на шпиндели осуществляется от двигателя *8* через коробку скоростей валом *7*. Подъем и спуск траверсы по направляющим стоек производится от электродвигателя *5* через вал *6*, связанный червячно-резьбовой передачей с винтами *3* и *4*.

Отсчетно-измерительная система этого станка также механическая.

Координатно-расточной станок фирмы СИП модели «Гидроптик» (рис. 18) по компоновке аналогичен рассмотренным выше станкам фирмы СИП. Этот станок имеет оптическую отсчетно-измерительную систему, обеспечивающую повышенную точность обработки и позволяющую производить точное фрезерование. Эталонами длины у этого станка служат прецизионные металлические, плоские, штриховые меры с миллиметровыми делениями, а измерение долей миллиметра координатных перемещений осуществляется посредством окуляр-микрометров.

Для координатных перемещений стола *1* и для перемещения его при фрезеровании в станке имеется регулируемый гидравлический привод *8*. Перемещение же шпиндельной бабки *3* по траверсе *2* и траверсы по вертикальным направляющим *4* и *5* стоек производится от электродвигателей через ходовые винты *6* и *7*.

Координатно-расточной станок фирмы «Линднер» модели № 15 одностоечной компоновки имеет рабочую поверхность стола 600×1100 *мм*. Диапазон чисел оборотов 50—1900 в минуту. Перемещение стола и салазок стола возможно ручное и от электродвигателей. Это перемещение может производиться одновременно.

Отсчетно-измерительная система оптическая. В качестве эталонов длины служат цилиндры с нанесенными на них тонкими винтовыми линиями (0,01 *мм*) с шагом 2 *мм*.

Допуск по шагу винтовой линии 0,002 *мм* на длину 30 *мм* и 0,005 *мм* на длину 1000 *мм*.

Части миллиметров при перемещениях стола и салазок отсчитываются по лимбам с 200 делениями по окружности (цена деления 0,01 *мм*) и нониусами с ценой деления 0,001 *мм*.

Координатно-расточной станок фирмы «Пратт и Уитней» модели 3В (рис. 19) одностоечной компоновки с продольно-поперечным перемещением стола *1*, рабочая поверхность которого равна 610×1416 *мм*.

Передача главного движения производится от четырехскоростного электродвигателя *3* через коробку скоростей *2*, имеющую три ступени чисел оборотов (табл. 20—21).

Отсчетно-измерительная система станка механическая. В качестве измерительных элементов используется набор концевых мер, включающий в себя микрометрический штихмасс с диапазоном регулирования до 10 *мм* и точностью шкалы 0,01 *мм*.

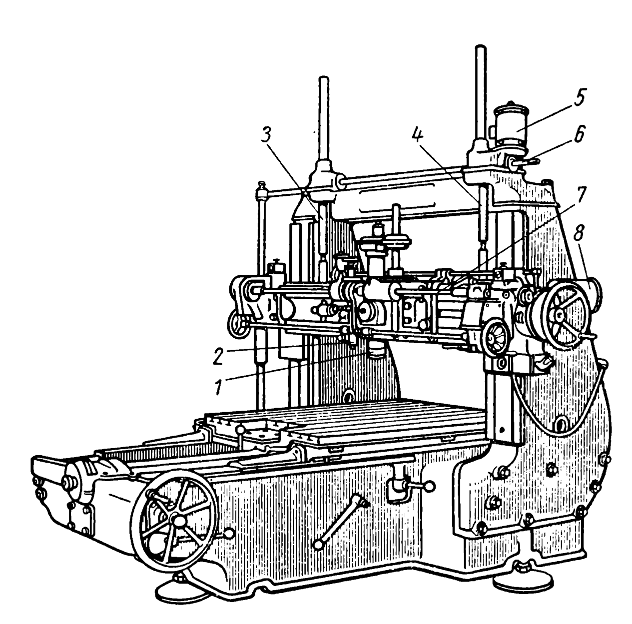


Рис. 17. Координатно-расточной станок фирмы СИП № 6

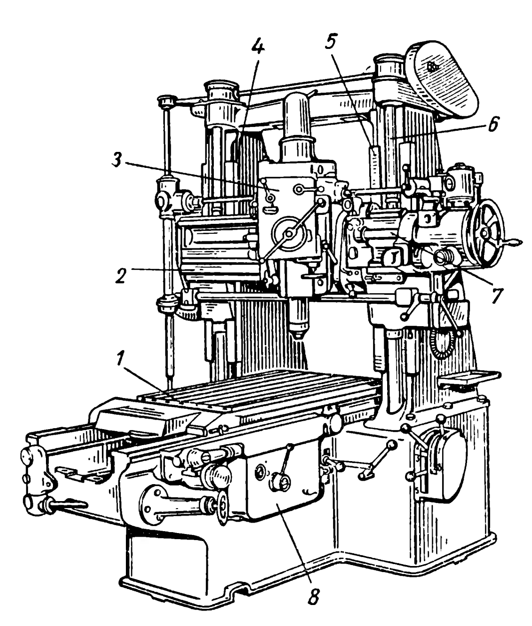


Рис. 18. Координатно-расточной станок фирмы СИП модели «Гидроптик»

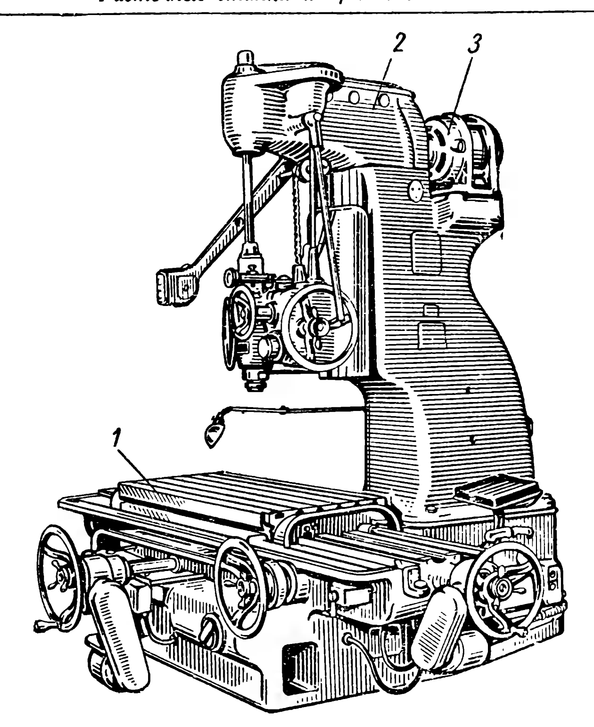


Рис. 19. Координатно-расточной станок фирмы «Пратт и Уитней» модели 3В

20. Число оборотов шпинделя станка фирмы «Пратт и Уитней» модели 3В

Нижняя ступень		Средняя ступень		Верхняя ступень	
Положение рукоятки	Число оборотов шпинделя в минуту	Положение рукоятки	Число оборотов шпинделя в минуту	Положение рукоятки	Число оборотов шпинделя в минуту
1	31	1	125	1	500
2	47	2	188	2	750
3	63	3	250	3	1000
4	94	4	375	4	1500

21. Величины подач шпинделя станка фирмы «Пратт и Уитней» модели 3В в *об/мин*

Ускоренные подачи	0,06	0,1	0,15	0,25
Замедленные подачи	0,013	0,025	0,038	0,05

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫМ СТАНКАМ

Горизонтально-поворотные столы (рис. 20) предназначаются для установки деталей, в которых подлежащие растачиванию отверстия находятся в одной плоскости, а расположение их задано в полярной системе координат (от центральной точки размером радиуса и величиной угла). Установка на горизонтальных поворотных столах деталей, у которых система отверстий задана в прямоугольной и тем более смешанной системе координат, также целесообразна потому, что выверка параллельности базовых поверхностей относительно направления движения стола станка на поворотном столе значительно облегчается. Такие

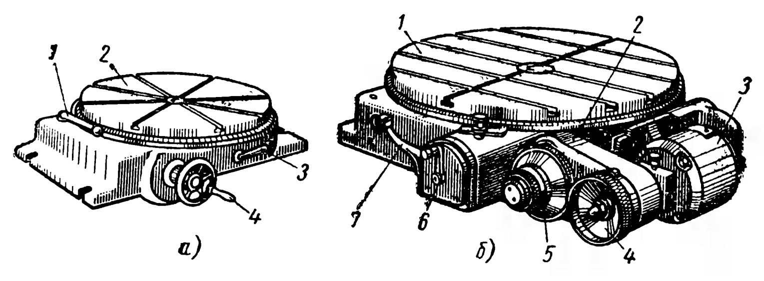


Рис. 20. Горизонтально-поворотные столы

столы обеспечивают точность деления углов до 1—2″. Планшайба стола *2* (рис. 20, *а*) получает вращение от маховика *4* посредством червячной передачи. Поворотом рукоятки *1* червяк отключается от червячного колеса и в этом случае планшайбу стола по кругу можно вращать вручную. Рукоятка *3* служит для закрепления стола в установленном положении. Так как червячная пара имеет передаточное число, то за один оборот маховика плита стола поворачивается на 1°, а установленный на оси червяка барабан *5* с 360 делениями (цена деления каждого соответствует 10″) и нониус позволяют отсчитывать поворот плиты стола с точностью до 1″. Для отсчета полных градусов на скосе плиты стола нанесены 360 делений.

Горизонтальный поворотный стол (рис. 20, *б*) имеет для ускоренного поворота планшайбы стола собственный привод от электродвигателя *3* через редуктор *2*. Реверсивный электродвигатель включается рукояткой *6*.

На скосе планшайбы стола *1* нанесены деления ценой в 1°, а на лимбе *5* имеющиеся деления и нониусное устройство позволяют производить поворот с точностью до 2″. Маховик *4* предназначен для точной настройки угла по нониусу, а рукоятка *7* — для закрепления плиты стола в установленном положении.

Универсальные поворотные столы (рис. 21) предназначаются для установки деталей, обрабатываемые отверстия которых находятся в различных плоскостях. Планшайба поворотного стола может поворачиваться на 360° вокруг своей оси и одновременно на 90° по горизонтальной оси.

В универсальном поворотном столе (рис. 21, *а*) ось вращения и ось поворота плиты стола находятся в одной плоскости, что в некоторой степени упрощает работу на таком столе. Поворот планшайбы стола производится маховиком *2*, отсчет углов поворота осуществляется аналогично рассмотренному на рис. 20, *а*. Наклон планшайбы стола на горизонтальной оси производится маховиком *1*, а отсчет угла поворота ведется по шкале и нониусу, находящихся на боковой стороне. Для обеспечения визуального наблюдения за шкалой имеется поворотный кронштейн с лупой *3*. Закрепление установленного наклонного положения плиты стола осуществляется рукояткой *4*.

Универсальный поворотный стол (рис. 21, *б*) имеет смещенную горизонтальную ось наклона планшайбы стола, поэтому эта постоянная

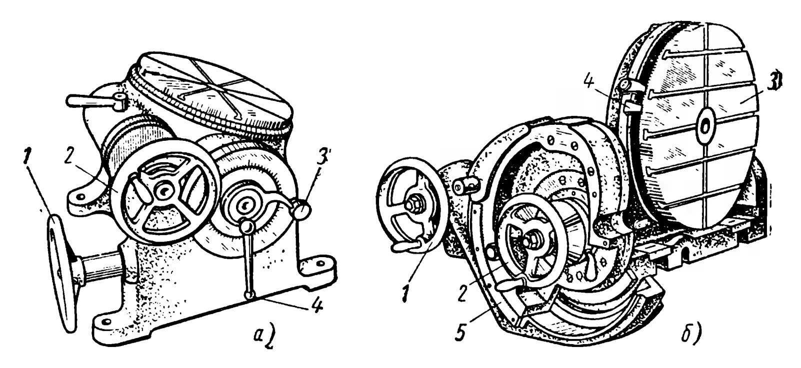


Рис. 21. Универсальные поворотные столы

величина учитывается при расчете координат растачиваемых отверстий в наклонном положении планшайбы поворотного стола. Маховичек *2* предназначен для осуществления кругового поворота планшайбы стола *3*. Отсчет поворота ведется в градусах по шкале и индексу *4*, а точный отсчет — по лимбу маховика. Наклон плиты стола производится маховичком *1* через двойную червячную передачу. Отсчет величины наклона ведется по шкале и нониусу *5*, находящихся на боковой стороне корпуса универсального поворотного стола.

Оптические делительные столы (рис. 22). Горизонтальные поворотные столы с оптическим отсчетно-измерительным устройством имеют преимущество против столов с механическим отсчетно-измерительным устройством. Оно состоит в том, что отсчетно-измерительное устройство, не являясь червячной парой, не подвергается износу в процессе работы, а наличие в нем отсчетного микроскопа позволяет с большой точностью производить отсчет угловых величин.

Горизонтальный поворотный стол состоит из основания *1*, планшайбы *2*, соединенной с основанием цилиндрическим выступом через упорные подшипники *3* и *4*.

Отсчет углов производится по стеклянному лимбу *5* с нанесенными на нем точными делениями ценой в 1°. Доли градусов (до 30″) нане-

сены на стеклянной пластинке *6*, находящейся в схеме микроскопа. Лимб *5* вращается вместе с планшайбой стола, а шкала *6* неподвижна.

Техническая характеристика горизонтального поворотного стола

Цена деления шкалы лимба в *град* .	1
» » нониусной шкалы в *сек*	30
Диаметр планшайбы стола в *мм*	400
Увеличение отсчетного микроскопа.	72*
Номер конуса Морзе центрального отверстия в планшайбе	№ 3
Допускаемая нагрузка на стол в *кг*	500
Вес стола в *кг*	110

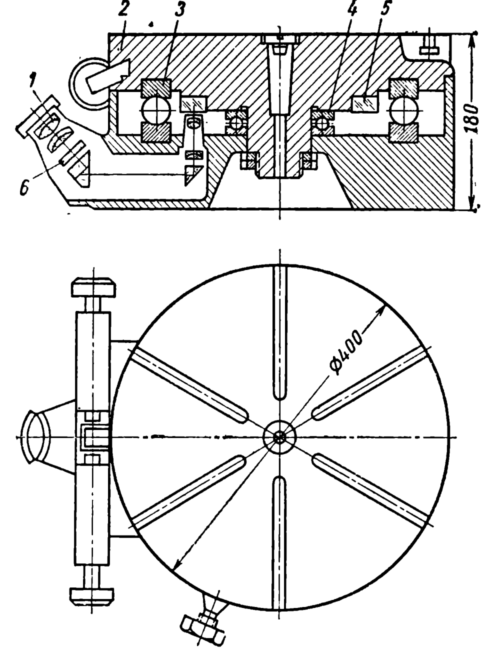


Рис. 22. Оптический поворотный стол

Оптическая делительная головка (рис. 23). Делительная головка с оптическим отсчетно-измерительным устройством применяется для обработки деталей типа валов с поворотом детали на любой угол по окружности или деления окружности вала на определенное количество частей

Оптическая делительная головка *1* устанавливается на рабочий стол координатно-расточного станка и выверяется по установленной в шпиндель оправке с цилиндрическим окончанием *2*. Выверка производится при помощи индикаторного центроискателя по верхней и боковой образующей цилиндра.

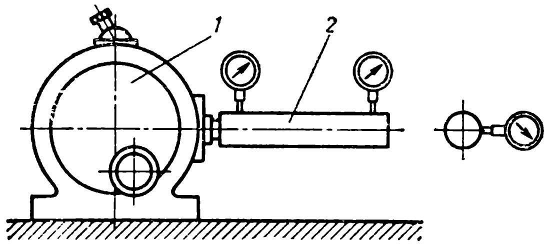


Рис. 23. Оптическая делительная головка

Устанавливаемая под обработку на делительной головке деталь подпирается с противоположной от головки стороны регулируемым центром.

Техническая характеристика оптической делительной головки

Цена деления шкалы лимба в *град*	1
Предел измерения в *град*	360
Цена деления отсчетной шкалы в *мин*	1
Число делений отсчетной шкалы	60
Точность показаний в *сек*;	
при измерениях . . .	20
» обработке деталей	30
Увеличение отсчетного микроскопа	60×
» объектива	5×
» окуляра	12×
Предел поворота оси шпинделя в вертикальной плоскости в *град* . . .	90
Высота центров в *мм*	130
Номер конуса Морзе посадочного отверстия;	
шпинделя	№ 4
» задней бабки .	№ 1
Биение шпинделя головки в *мм*;	
радиальное (не более) .	0,005
осевое (не более)	0,005
Биение центра в *мм* (не более)	0,008
Габаритные размеры (высота, длина, ширина) в *мм*;	
головки	340×400××390
задней бабки	150×250××140

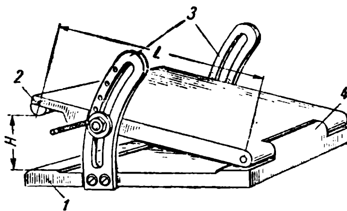


Рис. 24. Синусный стол

При делении окружности на равные части рекомендуется пользоваться табл. 22.

Синусный стол (рис. 24) не является частью комплекта станков, но он необходим при растачивании наклонных отверстий в деталях, высота которых не позволяет установить их на универсальном поворотном столе.

Синусный стол состоит из основания *1*, на котором установлена с помощью шарнирного соединения *4* подвижная плита *2*. Подвижная плита может быть установлена на любой угол в пределах высоты боковых планок *3*. В боковых планках имеется несколько точно расположенных отверстий для установки плиты на определенные углы при

22. Части окружности, выраженные в угловых единицах измерения

Число частей	Градусы	Минуты	Секунды	Число частей	Градусы	Минуты	Секунды	Число частей	Градусы	Минуты	Секунды
2	180			34 *		35	19	67 *		22	23
3	120			35 *	10	17	9	68 *		17	39
4	90	—	—	36		—	—	69 *	5	13	3
5	72			37 *		43	47	70 *		8	34
6	60			38 *	9	28	25	71 *		4	14
7 *	51	25	43	39 *		13	51	72		—	—
8	45			40		—	—	73 *		55	53
9	40	—	—	41 *		46	50	74 *		51	54
10	36			42 *		34	17	75		48	—
11 *	32	43	38	43 *	8	22	20	76 *		44	13
12	30	—	—	44 *		10	55	77 *		40	31
13 *	27	41	32	45		—	—	78 *		36	55
14 *	25	42	51	46 *		49	34	79 *		33	25
15	24	—		47 *		39	34	80		30	—
16	22	30	—	48	7	30	—	81	4	26	40
17 *	21	10	35	49 *		20	49	82 *		23	25
18	20	—	—	50		12	—	83 *		20	14
19 *	18	56	50	51 *		3	32	84 *		17	9
20	18	—	—	52 *		55	23	85 *		14	7
21 *	17	8	34	53 *		47	33	86 *		11	10
22 *	16	21	49	54		40	—	87 *		8	17
23 *	15	39	8	55 *		32	44	88 *		5	27
24	15	—		56 *	6	25	43	89 *		2	42
25	14	24	—	57 *		18	57	90		—	—
26 *	13	50	46	58 *		12	25	91 *		57	22
27		20	—	59 *		6	6	92 *		54	47
28 *		51	26	60		—	—	93 *		52	15
29 *	12	24	50	61 *		54	6	94 *		49	47
30		—	—	62 *		48	23	95 *		47	22
31 *	11	36	46	63 *		42	51	96	3	45	—
32		15	—	64	5	37	30	97 *		42	41
33 *	10	54	33	65 *		32	18	98 *		40	24
				66 *		27	16	99 *		38	11
								100		36	—

* При делении окружности на части указанные величины не повторять, а подсчитывать каждое от «0», например разделить окружность на семь одинаковых частей:

1-я $\frac{360}{7} = 51°-25'-43''$ от «0»;

2-я $\frac{360\times 2}{7} = 102°-51'-26''$ от «0»;

3-я $\frac{360\times 3}{7} = 154°-17'-9''$ от «0»;

4-я $\frac{360\times 4}{7} = 205°-42'-51''$ от «0»;

5-я $\frac{360\times 5}{7} = 257°-8'-34''$ от «0»;

6-я $\frac{360\times 6}{7} = 308°-34'-17''$ от «0»;

7-я $\frac{360\times 7}{7} = 360°$ от «0».

помощи фиксирующих штырей и отверстий, находящихся на боковых сторонах плиты.

Промежуточные углы устанавливаются с применением плоских концевых мер, которые вводятся между плоскостью основания и круглой частью поворотной плиты. Величина H определяется по формуле $H = L \sin \alpha$, где H — величина набора, концевых мер; L — постоянная величина между осью шарнира и осью круглой части плиты; α — устанавливаемый угол.

Визирный микроскоп (рис. 25) применяется для совмещения оси шпинделя с базовым элементом обрабатываемой детали. С его помощью

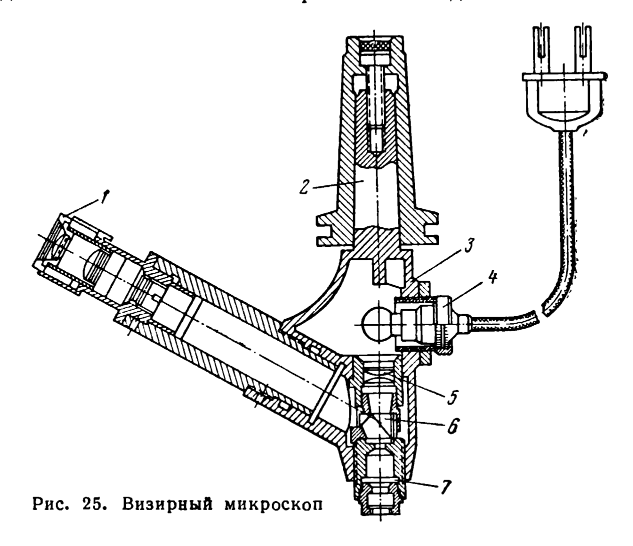


Рис. 25. Визирный микроскоп

ось шпинделя можно совместить с боковой базовой плоскостью, риской или точкой, нанесенной на поверхности детали, с центром отверстия и т. п.

Визирный микроскоп состоит из корпуса *3*, окуляра *1* и осветителя *4*. Лучи света от лампочки осветителя, проходя через линзы *5*, стеклянную призму *6*, стекло *7*, освещают деталь и, отразившись от детали, направляются наклонной плоскостью призмы в окуляр. На плоскости *7* нанесены перпендикулярно две пары параллельных нитей или рисок, расстояние между которыми равно 0,04 *мм*.

Резкость нитей микроскопа устанавливается тубусом окуляра по глазу работающего, а резкость детали — перемещением шпинделя в осевом направлении. В некоторых конструкциях визирных микроскопов вместо осветителя имеется рефлектор, поворачивая который, можно направлять пучок света на освещаемый элемент детали.

Визирный угольник (рис. 26) используется при совмещении оси шпинделя с краем (гранью, ребром) детали, если последний не имеет четко выраженной формы. Риска на круглой полированной площадке *1* нанесена точно в продолжении плоскости *3*. Плоскость *2* выполнена перпендикулярно плоскости *3*.

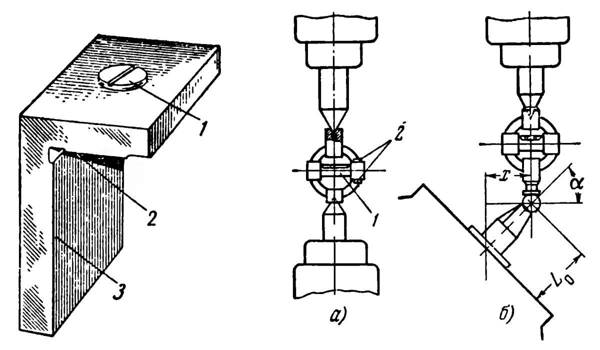


Рис. 26. Визирный угольник

Рис. 27. Ватерпас

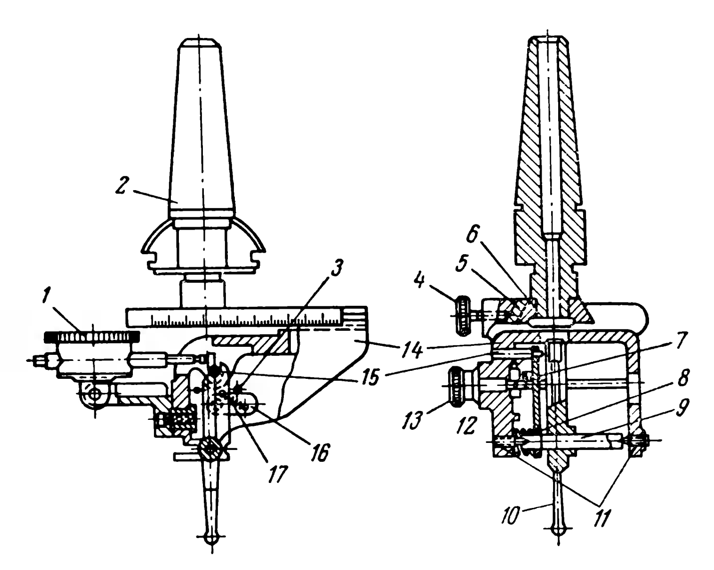


Рис. 28. Индикаторный центроискатель

Ватерпас (рис. 27) входит в комплект некоторых координатно-расточных станков. Он применяется для совмещения оси шпинделя станка с центром вращения поворотного стола (рис. 27, *а*) или с центром шаровой поверхности оправки при подготовке деталей к растачиванию на универсальном поворотном столе (рис. 27, *б*). Проверка ватерпасом производится в двух положениях: 1) в положении, параллельном направлению движения стола, и 2) в положении, перпендикулярном этому направлению. Точное совпадение оси вращения шпинделя с осью вращения стола или центром шаровой поверхности оправки будет в том случае, если пузырек трубки *1* ватерпаса будет находиться в нулевом положении. Винты *2* предназначены для приведения трубки с жидкостью и воздушным пузырьком в положение, строго перпендикулярное вертикальной оси рамы ватерпаса. Одно деление трубки соответствует отклонению вертикальной оси ватерпаса на величину, равную 16″.

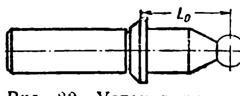


Рис. 29. Установочная оправка

Индикаторные центроискатели (рис. 28) бывают различными по конструкции. Они имеют назначение: проверка параллельности или перпендикулярности плоскостей устанавливаемых деталей относительно направления движения стола (траверсы); совмещение оси шпинделя с центром отверстия или серединой паза; установка деталей относительно оси вращения поворотного стола и т. д.

Рассмотрим устройство индикаторного центроискателя. На цилиндрическую часть конического хвостовика *2* напрессована планка *6*, которая связана с корпусом каретки *14* подвижным соединением в виде ласточкина хвоста. Винт *4* через компенсирующую планку *5* закрепляет каретку *14* в нужном положении.

В винтовых центрах *11* на оси *9* установлена лапка *10*, верхняя часть которой имеет контакт со штифтом измерительного наконечника часового индикатора *1*. На торце ступицы лапки имеется паз, в который входит выступ втулки. На втулке *8* плотно посажена планка *7*, которая пружиной *12* прижимается к торцу ступицы и пружиной *17* к штифту *15*.

Верхняя часть планки имеет форму вилки и в зависимости от положения пружины *17* может прижиматься к одной или второй стороне штифта, а следовательно, менять направление действия пружины. Положение пружины с перекидной планкой *16* изменяется поворотом рукоятки *13*, крайние положения планки *16* ограничиваются штифтами *3*.

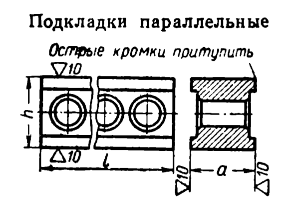
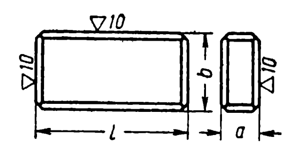
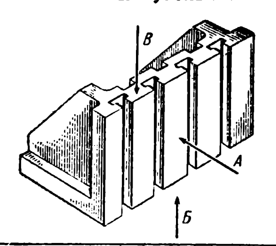
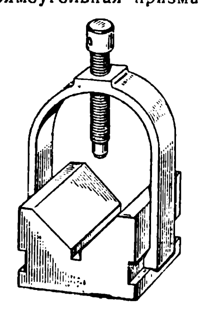
Для проверки торцов или горизонтальной плоскости индикатор устанавливается измерительным наконечником вниз. Миллиметровая шкала, нанесенная на направляющей плоскости планки *6*, предназначена для предварительной установки величины вылета лапки центроискателя от центра вращения шпинделя.

Установочная оправка (рис. 29) предназначается для выверки шпинделя станка относительно оси вращения и плоскости универсального поворотного стола. Оправка имеет шаровую поверхность, центр которой находится на определенном, точно выполненном расстоянии L_0. При выверке универсального поворотного стола расстояние x выражается следующей зависимостью (см. рис. 27, *б*):

$$x = L \cos \alpha.$$

Принадлежности для установки и закрепления деталей на станке приведены в табл. 23.

23. Принадлежности для установки и закрепления деталей

Наименование и эскиз	Назначение и устройства
Подкладки параллельные 	Применяются для установки на них деталей базовой плоскостью в местах прижима. Подкладки изготовляются из стали и подвергаются термообработке (закалке) до твердости *HRC* 56—58. Размеры *a* и *h* должны быть кратными 5 *мм*, но обязательно одинаковыми в комплекте (отклонение по размерам *a* и *h* не более 0,003 *мм*). Плоскости $a \times l$ и $h \times l$ должны быть перпендикулярны, а попарно строго параллельны. Комплект состоит из 6 шт.
Мерные подкладки 	Применяются для установки деталей на столе станка. Изготовляются из стали, подвергаются термообработке до твердости *HRC* 56—58. Размеры сторон $a \times b \times l$ кратны меньшей стороне *a*, например $20 \times 40 \times 80$ *мм*. Точность размера взаимно параллельных сторон — в пределах 0,003 *мм*, перпендикулярность сопряженных сторон 0,005 *мм* на длине 100 *мм*. Для предохранения от возможных забоин на краях плитки изготовляются с фасками $2 \times 45°$
Установочный угольник 	Для некоторых моделей станков является принадлежностью, поставляемой в комплекте станка. Используется для установки деталей, растачиваемые отверстия в которых лежат параллельно базовой плоскости. Изготовляются из серого чугуна, плоскости *А*, *Б* и *В* подвергаются точной шабровке. Сопряженные плоскости строго перпендикулярны (отклонение не более 0,005 *мм* на 100 *мм*). Плоскости *А* и *В* параллельны
Прямоугольная призма 	Применяется для установки цилиндрических деталей. Изготовляется из стали, подвергается закалке до твердости *HRC* 56—50. Верхняя, нижняя и боковые плоскости взаимно перпендикулярны и попарно параллельны. Угол призмы $\frac{\alpha}{2}$ равен 45°. На двух боковых стенках сделаны пазы под прижимные планки и для установки лапок прижимного хомута. Размеры призм выбираются в зависимости от габаритных размеров обрабатываемых деталей

Продолжение табл. 23

Наименование и эскиз	Назначение и устройство
Прижимные планки с радиусной выемкой	Применяются для крепления круглых деталей типа втулок или колец
Прижимные пленки со скосом	Используются для прижима деталей, при обработке которых необходимо приблизить торец патрона к верхней плоскости детали
Прямоугольные прижимные планки	Применяются для закрепления деталей крупных габаритных размеров и подвергающихся при обработке большим нагрузкам
Крепежные болты A R<0,5 1 2 а) б) в)	Служат для закрепления деталей на столе станка или на круглом и универсальном поворотных столах. Торец *A* должен быть выполнен тщательно, переходной радиус к стержню болта не более 0,5 *мм*. Твердость головки после термообработки *HRC* 32—35. *а* — изготовляются длиной 100, 150, 200, 300 и 400 *мм*, в случаях необходимости дальнейшего увеличения длины производят наращивание резьбовыми шпильками при помощи шестигранных удлиненных гаек; *б* — составные крепежные болты состоят из сухарей *2* и резьбовых шпилек *1*. Такие крепежные комплекты изготовляются с длинами 200 *мм* и выше; *в* — сухари такого типа изготовляются для столов, ширина пазов которых < 16 *мм*. Резьбовое отверстие этих сухарей расположено над поверхностью стола
Ступенчатые подставки 5 5 2,5	Применяются в качестве опоры второго конца прижимной планки. Первые ступени изготовляются различными (5 и 2,5 *мм*). Это облегчает подбор необходимой высоты опоры под прижимную планку

Продолжение табл. 23

Наименование и эскиз	Назначение и устройство
Винтовые подставки	Конструктивно могут быть различными. Здесь — упрощенный тип. Применяется как регулируемая опора под прижимные планки при креплении деталей
Цилиндрические подставки	Используются как опоры под прижимные планки, изготовляются различной высоты. Могут применяться отдельно и в сочетании с винтовыми подставками

ГЛАВА 3

РАБОТА НА РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

РАБОТА НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Формы отверстий и припуски на обработку

Формы отверстий приведены в табл. 1.

Припуски на обработку (табл. 2—4). Величину припусков выбирают, учитывая следующие условия:

припуск должен быть минимальным, так как с увеличением числа проходов увеличивается и затрата времени на обработку. Величина припуска должна позволять выбирать наибольшие режимы резания;

величина припуска должна быть достаточной для обеспечения заданной чистоты и точности обработки или достаточной для выполнения последующей обработки;

величина припуска на последующую обработку должна перекрывать возможные коробления детали во время обработки вследствие перераспределения внутренних напряжений;

припуск должен назначаться с учетом характера следующей операции и станков для ее выполнения;

величина припуска должна быть соразмерной величине обрабатываемой поверхности. Чем больше поверхность, тем больше припуск на обработку;

минимальная величина припуска зависит от жесткости системы станок—приспособление—инструмент—деталь.

Установка деталей и приспособлений на станках

Примеры и правила установки деталей и приспособлений приведены в табл. 5.

Методы выверки деталей на станках приведены в табл. 6.

Координация растачиваемых отверстий (табл. 7). В большинстве деталей, обрабатываемых на расточных станках, требуется выполнение размеров с заданной по чертежу точностью как между осями растачиваемых отверстий, так и расстояний от базовых плоскостей.

Точное совмещение оси вращения инструмента с заданной осью растачиваемого отверстия является одним из ответственных этапов в производстве расточных работ.

Такое совмещение или координацию отверстий производят различными способами, каждый из которых зависит от требуемой точности к расположению отверстий, особенностей обрабатываемой детали, возможностей станка и т. д.

Способы выверки борштанг приведены в табл. 8.

Величины прогибов консольных оправок и борштанг приведены в табл. 9 и 10.

1. Формы обрабатываемых отверстий на горизонтально-расточных станках

	Форма отверстия		Форма отверстия
	Сквозное цилиндрическое: простое		с уступом
	с лицевой и обратной фасками		Ступенчатое: одностороннее
	с канавкой		двустороннее
	с выточкой		с канавкой
	разъемное		

Продолжение табл. 1

Эскиз	Форма отверстия	Эскиз	Форма отверстия
	Двустороннее с двумя канавками		Сквозное коническое
	Пересекающее с лицевой и обратной фасками		Коническое резьбовое
	Глухое ступенчатое с фаской		Цилиндрическое резьбовое
	Глухое с выточкой		Отверстие сложной формы
	Цилиндрическое с фасонной канавкой и обработанным торцом		

2. Величины припусков для обработки отверстий в сплошном материале по 2-му классу точности

Диаметр обрабатываемого отверстия в *мм*	Промежуточные диаметры в *мм*					
	первого сверления	второго сверления	после растачивания резцом	после зенкерования	после чернового развертывания	после чистового развертывания
10	9,8	—	—	—	9,96	10
12	11,0	—	—	11,85	11,95	12
13	12,0	—	—	12,85	12,95	13
14	13,0	—	—	13,85	13,95	14
15	14,0	—	—	14,85	14,95	15
16	15,0	—	—	15,85	15,95	16
18	17,0	—	—	17,85	17,94	18
20	18,0	—	19,8	19,80	19,94	20
22	20,0	—	21,8	21,80	21,94	22
24	22,0	—	23,8	23,80	23,94	24
25	23,0	—	24,8	24,80	24,94	25
26	24,0	—	25,8	25,80	25,94	26
28	26,0	—	27,8	27,80	27,94	28
30	15,0	28,0	29,8	29,80	29,93	30
32	15,0	30,0	31,7	31,75	31,93	32
35	20,0	36,0	34,7	34,75	34,93	35
38	20,0	36,0	37,7	37,75	37,93	38
40	25,0	38,0	39,7	39,75	39,93	40
42	25,0	40,0	41,7	41,75	41,93	42
45	25,0	43,0	44,7	44,75	44,93	45
48	25,0	46,0	47,7	47,75	47,93	48
50	25,0	48,0	49,7	49,75	49,93	50

3. Величина припусков для обработки отверстий, имеющихся в литье, по 2 и 3-му классам точности

Диаметр обрабатываемого отверстия в *мм*	Промежуточные диаметры в *мм*					
	после чернового растачивания		после чистового растачивания		после чернового развертывания	после чистового развертывания A или A_3
	первого	второго	Номинальный диаметр	Допуск +		
40		38,5	39,7	0,17	39,93	40
42		40,5	41,7		41,93	42
45		43,5	44,7		44,93	45
48		46,5	47,7		47,93	48
50	45	48,5	49,7	0,20	49,93	50
52	47	50,3	51,5		52,92	52
55	51	53,3	54,5		54,92	55
58	54	56,3	57,5		57,92	58

Продолжение табл. 3

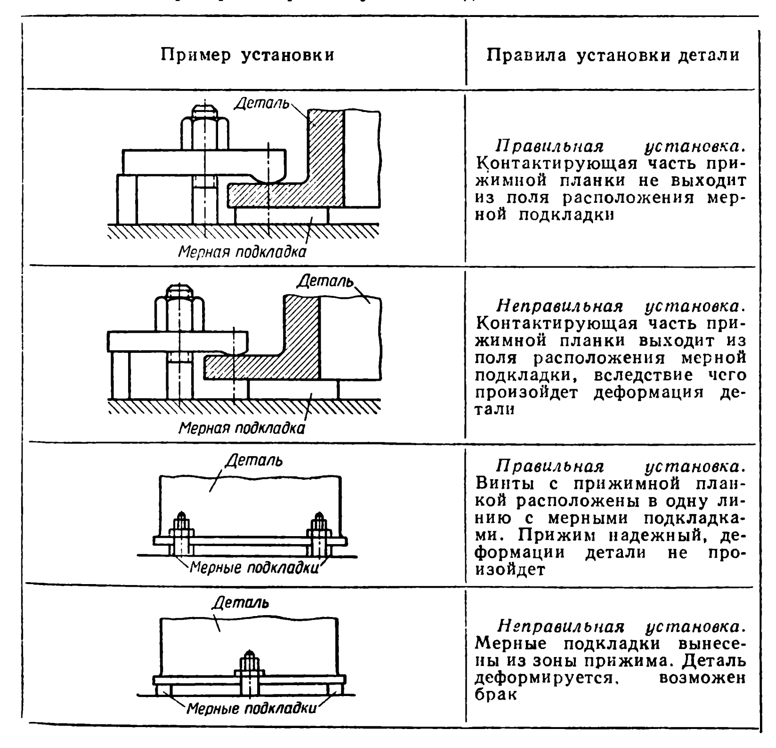
Диаметр обрабатываемого отверстия в *мм*	Промежуточные диаметры в *мм*					
	после чернового растачивания		после чистового растачивания		после чернового развертывания	после чистового развертывания A или A_3
	первого	второго	Номинальный диаметр	Допуск +		
60	56	58,3	59,5	0,20	59,92	60
62	58	60,3	61,5		61,92	62
65	61	63,3	64,5		64,92	65
68	64	66,3	67,5		67,90	68
70	66	68,3	69,5		69,90	70
72	68	70,3	71,5		71,90	72
75	71	73,3	74,5		74,90	75
78	74	76,3	77,5		77,90	78
80	75	78,3	79,5		79,90	80
82	77	80,0	81,3	0,23	81,85	82
85	80	83,0	84,3		84,85	85
88	83	86,0	87,3		87,85	88
90	85	88,0	89,3		89,95	90
92	87	90,0	91,3		91,85	92
95	90	93,0	94,3		94,85	95
98	93	96,0	97,3		97,85	98
100	95	98,0	99,3		99,85	100
105	100	104,3	105,0	A или A_3	—	—
110	105	109,3	110,0			
115	110	114,3	115,0			
120	115	119,3	120,0			
125	120	124,3	125,0			
130	125	129,3	130,0			
135	130	134,3	135,0			
140	135	139,3	140,0			
145	140	144,3	145,0			
150	145	149,3	150,0			
155	150	154,0	155,0			
160	155	159,0	160,0			
165	160	164,0	165,0			
170	165	169,0	170,0			
175	170	174,0	175,0			
180	175	179,0	180,0			
185	180	184,0	185,0			
190	185	189,0	190,0			
195	190	194,0	195,0			
200	194	199,0	200,0			
210	204	209,0	210,0			
220	214	219,0	220,0			
250	244	249,0	250,0			
280	274	279,0	280,0			
300	294	299,0	300,0			
320	314	319,0	320,0			
350	342	349,0	350,0			
380	372	379,0	380,0			
400	392	399,0	400,0			
420	412	419,0	420,0			
450	442	449,0	450,0			
480	472	479,0	480,0			
500	492	499,0	500,0			

4. Величины припусков для чистового фрезерования плоскостей

Длина обрабатываемой поверхности в *мм*	Ширина обрабатываемой поверхности в *мм*					
	До 100		Св. 100 до 300		Св. 300 до 1000	
	Припуск	Допуск на припуск	Припуск	Допуск на припуск	Привуск	Допуск на припуск
До 300	1,0	+0,3	1,5	+0,5	2,0	+0,7
Св. 300 до 1000	1,5	+0,5	2,0	+0,7	2,5	+1,0
» 1000 » 2000	2,0	+0,7	2,5	+1,2	3,0	+1,2

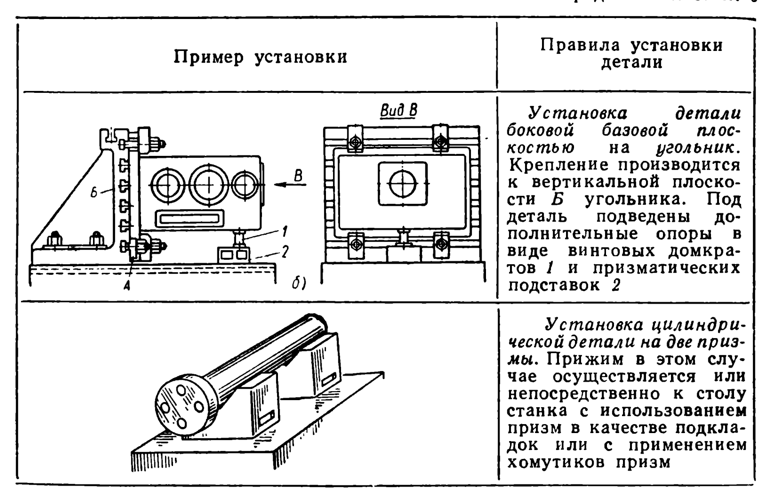
Примечание. На окончательный проход при чистовом фрезеровании следует оставлять припуск 0,5 *мм*.

5. Примеры и правила установки деталей на станках



Пример установки	Правила установки детали
	Правильная установка. Контактирующая часть прижимной планки не выходит из поля расположения мерной подкладки
	Неправильная установка. Контактирующая часть прижимной планки выходит из поля расположения мерной подкладки, вследствие чего произойдет деформация детали
	Правильная установка. Винты с прижимной планкой расположены в одну линию с мерными подкладками. Прижим надежный, деформации детали не произойдет
	Неправильная установка. Мерные подкладки вынесены из зоны прижима. Деталь деформируется, возможен брак

Продолжение табл. 6



Пример установки	Правила установки детали
	Установка детали боковой базовой плоскостью на угольник. Крепление производится к вертикальной плоскости *Б* угольника. Под деталь подведены дополнительные опоры в виде винтовых домкратов *1* и призматических подставок *2*
	Установка цилиндрической детали на две призмы. Прижим в этом случае осуществляется или непосредственно к столу станка с использованием призм в качестве подкладок или с применением хомутиков призм

6. Методы выверки деталей на станке

Схема выверки	Применяемый инструмент и приспособления. Параметры и методы выверки
	Индикатор с державкой. Выверяется параллельность пазового упора относительно шпинделя методом взаимного перемещения стола и пиноли шпинделя
	Масштабная линейка, индикатор с державкой. Параллельность плоскости угольника относительно паза стола и шпинделя станка. Предварительно выверяется по масштабной линейке, окончательно — индикатором, штифт которого должен перемещаться по направлениям, показанным стрелками

Продолжение табл. 6

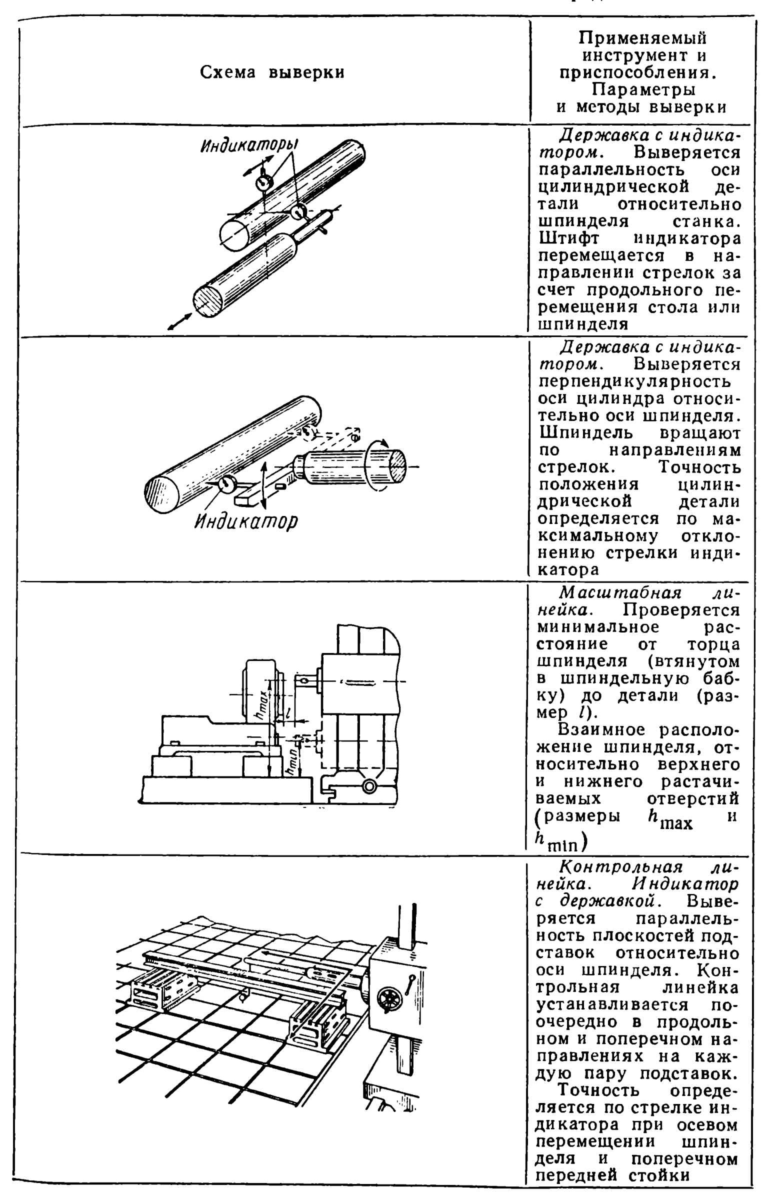


Схема выверки	Применяемый инструмент и приспособления. Параметры и методы выверки
	Державка с индикатором. Выверяется параллельность оси цилиндрической детали относительно шпинделя станка. Штифт индикатора перемещается в направлении стрелок за счет продольного перемещения стола или шпинделя
	Державка с индикатором. Выверяется перпендикулярность оси цилиндра относительно оси шпинделя. Шпиндель вращают по направлениям стрелок. Точность положения цилиндрической детали определяется по максимальному отклонению стрелки индикатора
	Масштабная линейка. Проверяется минимальное расстояние от торца шпинделя (втянутом в шпиндельную бабку) до детали (размер l). Взаимное расположение шпинделя, относительно верхнего и нижнего растачиваемых отверстий (размеры h_{max} и h_{min})
	Контрольная линейка. Индикатор с державкой. Выверяется параллельность плоскостей подставок относительно оси шпинделя. Контрольная линейка устанавливается поочередно в продольном и поперечном направлениях на каждую пару подставок. Точность определяется по стрелке индикатора при осевом перемещении шпинделя и поперечном передней стойки

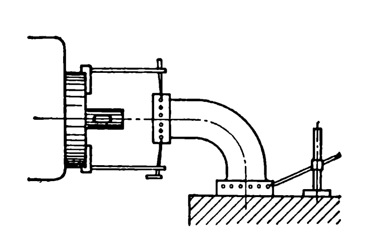
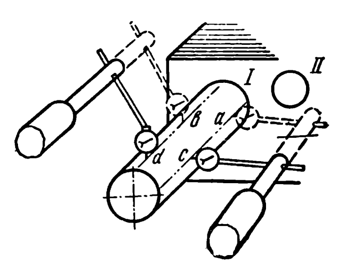
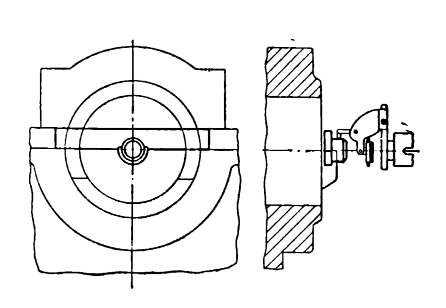
Продолжение табл. 6

Схема выверки	Применяемый инструмент и приспособления. Параметры и методы выверки
	Индикатор с державкой. Устанавливается параллельность базовой площади относительно оси шпинделя. Осуществляется по индикатору при осевом перемещении шпинделя
	Чертилка с державкой, рейсмус с чертилкой. Выверяется положение детали относительно станка по размеченным рискам при перемещении шпинделя в осевом направлении. Горизонтальное положение выверяется по совпадению чертилки, закрепленной в рейсмусе с риской, при перемещении его по плоскости стола (плиты)
	Рейсмус с чертилкой. Проверяется положение детали в горизонтальной плоскости. Определяется наличием одинакового зазора между плоскостью и концом чертилки. Для определения величины зазора рекомендуется использовать полоску тонкой бумаги
	Подставка с индикатором. Положение детали в горизонтальной плоскости определяется по стрелке индикатора при перемещении подставки по плоскости стола (плиты) в продольном и поперечном направлениях

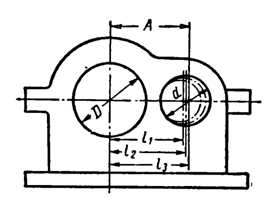
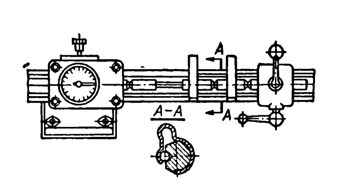
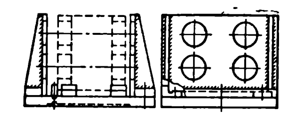
Продолжение табл. 6

Схема выверки	Применяемый инструмент и приспособления. Параметры и методы выверки
	Индикатор с державкой. Положение детали в горизонтальной плоскости определяется по отклонению стрелки индикатора при перемещении шпинделя в осевом направлении и стола (стойки) в поперечном и продольном направлениях
C б	*Державка с чертилкой.* Положение боковой плоскости относительно оси шпинделя выверяется осевым перемещением шпинделя по постоянству зазора между концом чертилки и базовой плоскостью
C б	*Индикатор с державкой.* Положение боковой плоскости относительно оси шпинделя определяется по отклонению стрелки индикатора при осевом перемещении шпинделя
A–A A A I II	*Индикатор с державкой.* Перпендикулярность торцовой плоскости относительно оси шпинделя определяется вращением шпинделя вокруг оси. Фиксируются показания индикатора в положениях *I* и *II*

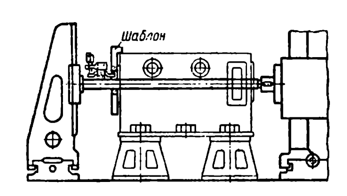
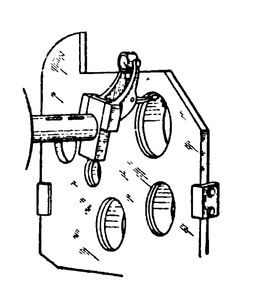
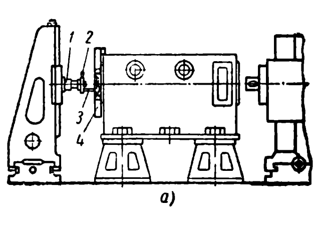
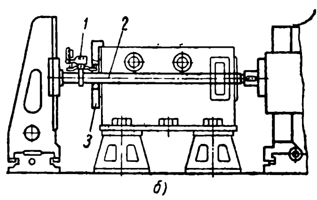
Продолжение табл. 6

Схема выверки	Применяемый инструмент и приспособления. Параметры и методы выверки
	*Державка с чертилкой, рейсмус с чертилкой.* Выверка вертикальных торцов по разметочным рискам производится вращением шпинделя с чертилкой, закрепленной в державке. Положение определяется по совпадению риски с острием чертилки. Выверка горизонтального положения размеченного торца ведется рейсмусом с чертилкой, перемещаемым по плоскости стола
 	*Индикатор с державкой, оправка.* Положение детали по ранее расточенному отверстию определяется по индикатору, штифт которого перемещается вдоль оправки, установленной в расточенное отверстие. Проверка производится по верхней и боковой образующим цилиндрической оправки
	*Индикаторный центроискатель, шаблон-линейка.* Положение оси шпинделя относительно плоскости разъема проверяется по индикаторному центроискателю при вращении шпинделя вокруг оси. Штифт индикатора, скользя по цилиндрической поверхности шаблона-линейки, не должен отклонять стрелку индикатора

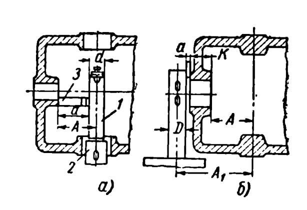
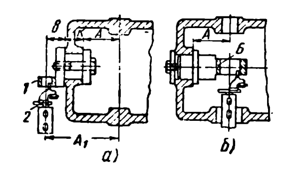
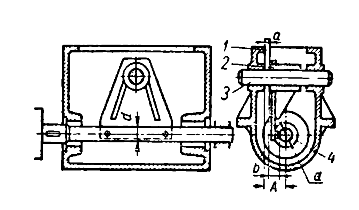
7. Способы координации растачиваемых отверстий

Схема координации	Приспособление, инструмент. Описание способа выверки
	*Универсальный измерительный инструмент.* *Метод пробных расточек.* Отверстие D растачивается окончательно. После каждой предварительной расточки отверстия d измеряется межцентровое расстояние, равное l_1; l_2; l_3; и делается соответствующая поправка на установленную погрешность. В случаях, когда линия, соединяющая центры растачиваемых отверстий, под углом к основанию, поправку производят в двух направлениях 
	*Индикаторное устройство, набор размерных эталонов и штихмасс.* На многих моделях имеются индикаторные устройства, позволяющие производить отсчет перемещений в трех измерениях. Такое устройство легко приспособить к любому станку. Величина перемещений определяется набором размерных эталонов различной длины и регулировкой микрометрического штихмасса. Окончательная регулировка размера фиксируется нулевым положением индикатора
	*Специальное приспособление, индикаторный центроискатель.* Координация шпинделя производится с помощью индикаторного центроискателя по каждому отверстию приспособления. Этот способ позволяет получить высокую точность межцентровых расстояний. Целесообразность применения определяется величиной партии (серии) деталей и их трудоемкости

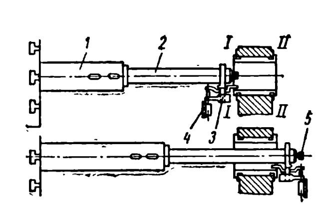
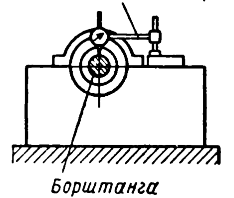
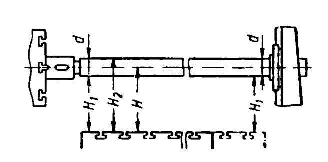
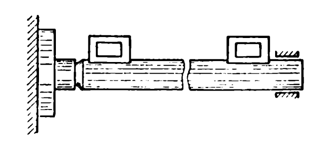
Продолжение табл. 7

Схема координации	Приспособление, инструмент. Описание способа выверки
	*Специальный накладной шаблон, индикаторный центроискатель.* Координация шпинделя производится с помощью индикаторного центроискателя по каждому отверстию накладного шаблона, установленного на обрабатываемую деталь. Рекомендуется применять в серийном производстве при работе борштангой
	*Специальный накладной шаблон. Индикаторный центроискатель.* Индикаторный центроискатель устанавливается в шпиндель. Совмещение осей производится по отверстиям накладного шаблона. Применяется при консольной расточке
 а)  б)	*Индикатор с кронштейном для закрепления на оправке* (схема *а*) *или борштанга* (схема *б*). *Накладной шаблон.* а) Выверка оси втулки люнета задней стойки до постановки борштанги. Во втулку задней стойки устанавливается валик *1* с упорным кольцом *2* и закрепленной в нем державкой индикатора *3*. Вращая кольцо с индикатором, координируют заднюю стойку по отверстию накладного шаблона *4*. б) Выверка положения оси борштанги производится с помощью индикаторного приспособления *1*, закрепленного на борштанге *2*. Вращая борштангу с индикаторным приспособлением, наблюдают за отклонением стрелки в отверстии шаблона *3* и по мере необходимости координируют положение шпинделя станка

Продолжение табл. 7

Схема координации	Приспособление, инструмент Описание способа выверки
	*Оправка, концевые меры* Выверка оси шпинделя от торца отверстия производится с помощью концевых мер *3*, которыми измеряется расстояние между торцом и цилиндрической частью оправки *1*, установленной в шпиндель *2*. Размер *А* определяют так: случай *а* случай *б* $A = a + \frac{d}{2}$; $A_1 = A + k + a + \frac{D}{2}$. После каждого замера делают поправку перемещением стола (передней стойки)
	*Индикаторный центроискатель, угольник и специальная оправка.* Совмещение оси шпинделя производят с помощью индикаторного центроискателя по отверстию угольника, закрепленного к наружному торцу отверстия (случай *а*). Размер $A_1 = A + k + B$. В случае *б* выверка производится по отверстию *Б* оправки, установленной к внутреннему торцу отверстия. После каждого замера производится поправка перемещением детали или шпинделя на необходимую величину
	*Цилиндрический валик, концевые меры, специальный шаблон.* Замер расстояния от оси борштанги до внутреннего торца отверстия производится с помощью специального шаблона *2*, установленного отверстием на валик *3*. Размер *А* от оси борштанги *4* до торца определяют так: $A = b + a + \frac{d}{2}$, где *b* — постоянная величина шаблона, определяемая концевыми мерами 1

8. Способы выверки борштанг

Схема выверки	Приспособления, инструмент. Параметры и способ выверки
	*Индикаторный центроискатель, оправка*. Совмещение оси втулки люнетной стойки с осью шпинделя при помощи индикаторного центроискателя. В шпиндель станка *1* на специальной оправке *2* устанавливается кронштейн *3* с индикатором *4*. Лапка кронштейна заводится в отверстие втулки, и регулируется натяг штифта индикатора за счет перемещения кронштейна в оправке, отпуская и зажимая винт *5*. Вращая шпиндель и наблюдая отклонение стрелки индикатора, люнетную стойку перемещают до необходимого положения. Проверку рекомендуется производить в двух положениях: в плоскостях *I—I* и *II—II*
	*Подставка с индикатором*. Выверка борштанги в горизонтальной плоскости от плоскости разъема корпуса производится индикатором в наиболее удаленных друг от друга точках. При регулировке борштанги по высоте добиваются одинаковых показаний индикатора
	*Штангенрейсмус, рейсмус, индикатор или штихмасс*. Выверка борштанг в горизонтальной плоскости от поверхности стола производится штангенрейсмусом, рейсмусом и индикатором или штихмассом. Заданный размер *H* определяется по формулам: $H = H_1 + \frac{d}{2}$ или $H = H_2 - \frac{d}{2}$ Замер производится сначала ближе к шпинделю, а потом ближе к люнетной части
	*Рамный уровень*. Выверка борштанг при помощи рамного уровня может быть произведена только в горизонтальной плоскости. При такой проверке показания уровня на пиноли шпинделя должны совпадать с показаниями уровня, установленного на борштанге. В этом случае надо учитывать прогиб борштанги между опорами от собственного веса (табл. 10)

Продолжение табл. 8

Схема выверки	Приспособления, инструмент. Параметры и способ выверки
	Державка, индикатор. Выверка борштанги производится индикатором относительно плоскости планшайбы станка. Перпендикулярность положения борштанги определяется отклонением стрелки индикатора при вращении борштанги
	Каллиматор, визирная труба. Совмещение оси шпинделя с осью втулки люнета задней стойки с помощью оптического прибора ППС-7. Прибор состоит из двух частей: каллиматора *а* и визирной трубы *б*. Каллиматор своим хвостовиком устанавливается в гнездо шпинделя и после выверки по уровню включается в электросеть. Визирную трубу с помощью переходной втулки устанавливают в отверстие люнетной втулки задней стойки. Установив нулевое положение по шкале кольца *2* и наблюдая в окуляр *3* визирной трубы, получают резкое изображение сетки. Далее, вращая маховик *1*, получают резкое изображение сетки каллиматора. Несовпадение осей втулки задней стойки и шпинделя отсчитывается по шкале визирной трубы. Совпадение осей получают перемещением втулки люнета, при котором марка каллиматора совмещается с сеткой визирной трубы

9. Величины прогибов консольных оправок под действием собственного веса

Диаметр оправки	Величина прогиба оправки при длине оправки в *мм*		
	300	500	1000
25	0,01	0,08	0,19
30	0,006	0,05	0,9
40	0,004	0,03	0,5
50			
60	0,003	0,02	0,3
80	0,002	0,01	0,19
100	—	0,008	0,13
120		0,005	0,07
		—	0,05

10. Прогиб борштанг в середине между опорами от собственного веса

Диаметр борштанги в *мм*	Расстояние между опорами в *мм*		
	1500	2000	3000
75	0,072	0,23	1,15
100	0,04	0,13	0,65
120	0,03	0,09	0,45

*

Установка резцов на заданный размер

Быстрая и точная установка резцов на заданный размер существенным образом сказывается на производительности.

Для контроля величины вылета резцов в расточной оправке или борштанге применяются различного вида установочные шаблоны, специальные штангенциркули и приборы. Способы установки резцов и применяемый для этой цели инструмент приведены в табл. 11.

Способы обработки отверстий

Консольная обработка отверстия в отличие от обработки отверстий с помощью борштанг имеет значительное преимущество. При таком способе возможно применять более высокие режимы резания, можно получать более высокую точность и чистоту обработки. Кроме того, при консольной обработке отверстий расточник меньше связан неудобствами установки инструмента, замеров и т. п.

Консольная обработка отверстий не может быть применима во всех случаях, так как с увеличением длины и уменьшением диаметра оправок резко снижается жесткость их и возникают вибрации.

Для обеспечения наилучших условий обработки необходимо стремиться к тому, чтобы диаметр оправки (табл. 12) был возможно большим, а длина ее возможно меньше. С увеличением длины оправки следует сокращать сечение снимаемой стружки как за счет глубины резания, так и за счет уменьшения величины подачи, что позволяет уменьшать усилия резания, а следовательно, и величину отжима оправки.

Существенное влияние на улучшение условий обработки оказывает и величина вылета шпинделя станка, используемая при обработке отверстий (табл. 13).

Выбор величины припуска при сверлении и растачивании на последующую обработку непосредственно сказывается на образовании формы и точности отверстия (табл. 14 и 15).

В практике работы на расточных станках чаще всего встречаются однотипные формы отверстий, аналогичное их расположение в деталях и одинаковые требования к точности обработки. Поэтому и приемы обработки таких типовых отверстий могут быть аналогичными. В табл. 16—18 приводятся способы и схемы консольного растачивания таких отверстий.

Консольная обработка нескольких отверстий, лежащих в одной оси, но не имеющих сквозного выхода инструмента, встречается в практике расточки различных корпусных деталей. Для обеспечения соосности отверстий в таких случаях применяют направляющие втулки *2* (табл. 19), закрепляемые в отверстиях гайкой *3*. Диаметр внутреннего отверстия втулок равен диаметру оправки, посадка скользящая. Ниже в табл. 20—22 приводится схема обработки таких отверстий.

В случаях, когда растачиваются соосные отверстия небольших диаметров, рекомендуется применять удлиненные направляющие втулки. Последовательность переходов и схема обработки таким способом приводятся в табл. 23.

Обработка конических отверстий (табл. 24) производится с применением различных конических разверток или с помощью специальных приспособлений.

11. Способы установки резцов на оправках и борштангах

Наименование и эскиз инструмента	Способ применения
Кольцевой шаблон	Применяют для установки вылета резца в консольных оправках, если противоположная от режущей кромки резца сторона оправки не имеет срезов или лыски. Диаметр отверстия шаблона равен $D = \frac{d}{2} + \frac{d_1}{2}$, где d — диаметр растачиваемого отверстия; d_1 — диаметр цилиндрической части оправки в сечении по режущей кромке резца
Шаблон-полукольцо	Применяют для установки резцов в оправках и борштангах. Величина полуразности диаметров соответствует вылету резца от образующей цилиндра оправки до режущей кромки резца
Шаблон предельный	Опорная часть выполнена в виде призмы. Мерительные части сделаны на двух сторонах — одна для вылета резца при черновой расточке отверстия и другая, предельная, для установки резца под чистовую расточку. Перепад между проходной (ПР) и непроходной (НЕ) мерительными плоскостями соответствует половине допуска на изготовление отверстия

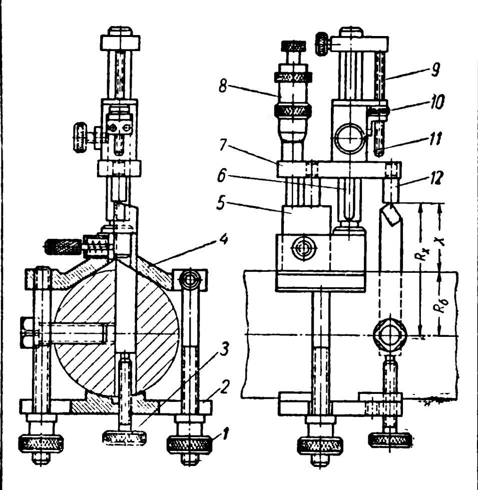
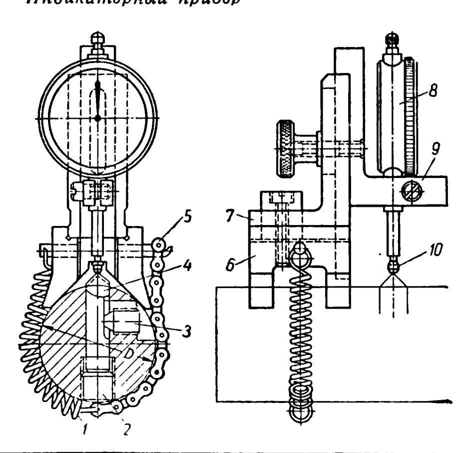
Продолжение табл. 11

Наименование и эскиз инструмента	Способ применения
Специальный штангенциркуль	Применяют при черновой обработке и получистовом растачивании Изготовляется из стандартного штангенциркуля с точностью нониуса до 0,05 *мм*. Биссектриса угла призмы *1* проходит через нулевое деление основной шкалы штангенциркуля, поэтому показания его соответствуют, при контакте мерительной плоскости каретки *2* с вершиной резца, половине диаметра растачиваемого отверстия
Индикаторный прибор	Прибор применяют в случаях, когда на расточных оправках предусмотрен специальный конус Прибор *3* предварительно настраивают по эталону, надевают на конус оправки *2* и поджимают винтом *4*. Регулируя винт *1*, резец настраивают на заданный размер по индикатору
Индикаторный прибор	Прибор применяют для настройки резцов с прямой установкой при наличии места для его размещения Индикатор *1* устанавливают в цанговый зажим корпуса и закрепляют гайкой *2*. Прибор ставят призмой *3* на цилиндрическую часть оправки и укрепляют винтом *5*, имеющим сквозное отверстие для прохода отвертки Регулируя отверткой винт *4*, устанавливают резец по индикатору на заданный размер Прибор настраивают по эталону с базовым диаметром под призму, равным диаметру оправки

Продолжение табл. 11

Наименование и эскиз инструмента	Способ применения
Регулируемый индикаторный прибор	Применяют при обработке точных отверстий. Прибор состоит из корпуса *1*, в нижней части которого имеется опорная призма. В пазу корпуса, изготовленного по форме ласточкина хвоста, установлен ползун *4*, в отверстии которого имеется шток *5* с держателем *7* индикатора *8*. Стержень микрометрической головки *3* посредством кольцевого замка связан со штоком. Винты *2* предназначены для закрепления ползуна в пазу корпуса. Прибор удобен для относительного и абсолютного замеров вылета резца. Для определения абсолютной величины вылета резца прибор устанавливают опорной призмой на цилиндр оправки и, вращая гильзу *3*, доводят штифт *8* индикатора до контакта с цилиндром оправки с некоторым натягом. Затем циферблат индикатора ставят в нулевое положение, после чего, вращая гильзу головки в обратную сторону, поднимают индикатор на необходимую величину вылета резца. Закрепив винтом *9* шток *5*, производят регулировку резца. Конечное положение резца определяется после контакта со штифтом индикатора с ранее установленным натягом при нулевом положении стрелки

Продолжение табл. 11

Наименование и эскиз инструмента	Способ применения
Универсальное приспособление для установки резцов на борштангах 	Приспособление позволяет устанавливать резцы на борштангах с вылетом до 100 *мм*. Приспособление устанавливают на борштангу призмой *4* и закрепляют гайками *1* и откидной планкой *2*; на стойке *6*, запрессованной в призму, перемещается втулка *11*, скрепленная с планкой *7* при помощи винта *9* и гайки *10*. Плоскости упоров *12* сделаны на одной высоте и контактируют один с набором концевых мер, а другой с режущей кромкой резца. Набор концевых мер *5* равен величине вылета $X = R_x - R_б$, где $R_x = \frac{D}{2}$ и $R_б$ — радиус борштанги. В дополнение к концевым мерам можно производить регулировку и микрометрической головкой *8*, взятой от стандартного микрометра. Вылет резца регулируется винтом *3*
Индикаторный прибор 	Прибор опорной призмой *6* закрепляют на борштанге при помощи пружины *1* и цепи *5* таким образом, чтобы штифт *1* индикатора *8* находился над вершиной резца *4*. Опуская угольник *9* по пазу корпуса *7* до контакта штифта с резцом, делают небольшой натяг и устанавливают циферблат индикатора в нулевое положение. Вращая винт *2*, устанавливают резец на необходимый вылет, который контролируют замером растачиваемого отверстия с вводом дополнительных поправок. В отрегулированном положении резец закрепляют винтом *3*

12. Рекомендуемые диаметры концевых расточных оправок в *мм*

Диаметр отверстия	Диаметр расточной оправки	Диаметр отверстия	Диаметр расточной оправки
18—23	16	54—65	50
24—28	22	68—75	60
30—34	27	78—100	70
35—42	32	105—120	80
44—52	40	125—150	100

13. Предельные вылеты шпинделей горизонтально-расточных станков при консольной обработке в *мм*

Диаметры шпинделей	Предельный вылет шпинделя
Расточные станки с встроенным столом	
65—75	350—400
80—110	500—600
125—150	700—800
Расточные станки-колонки	
130—160	800—900
180—250	1000—1100

14. Величины припусков под последующую обработку при сверлении и рассверливании (в *мм* на сторону)

Вид обработки	Диаметры обрабатываемых отверстий						
	10—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80
Сверление	0,24—0,75	0,75—1,0 / 1,5	1,0—1,25 / 1,75	—	—	—	—
Рассверливание	—	—	1,25 / 1,75	1,25—1,5 / 2,0	1,5—2,0 / 2,5	2,0—2,25 / 3,0	2,25—2,5 / 3,5

Примечание. В числителе указаны припуски для отверстий без последующего растачивания.

15. Величина припусков под окончательное развертывание отверстий в *мм*

Диаметры отверстий в *мм*		Под развертку после сверления		Под развертку после зенкерования или растачивания		Под чистовую развертку после черновой	
Свыше	До	max	min	max	min	max	min
6	10	0,25	0,15	—	—	0,08	0,05
10	18	0,30	0,18	0,20	0,08	0,09	0,055
18	30	0,40	0,22	0,30	0,16	0,10	0,055
30	50	0,50	0,26	0,40	0,23	0,12	0,07
50	80	—	—	0,50	0,30	0,14	0,08
80	120	—	—	0,50	0,27	0,17	0,1

Примечание. Припуск указан как полуразность номинального диаметра отверстия и диаметра под данную обработку, например: 18 — 17,4 = 0,6 припуск равен 0,6 : 2 = 0,3 *мм*.

16. Схема обработки отверстий в сплошном материале

№ перехода	Схема обработки	Наименование и содержание перехода
1		Предварительное сверление
2		Рассверливание
3		Предварительное растачивание. Переход обеспечивает правильную форму и расположение отверстия
4		Снятие фасок
5		Зенкерование
6		Предварительное развертывание
7		Чистовое развертывание

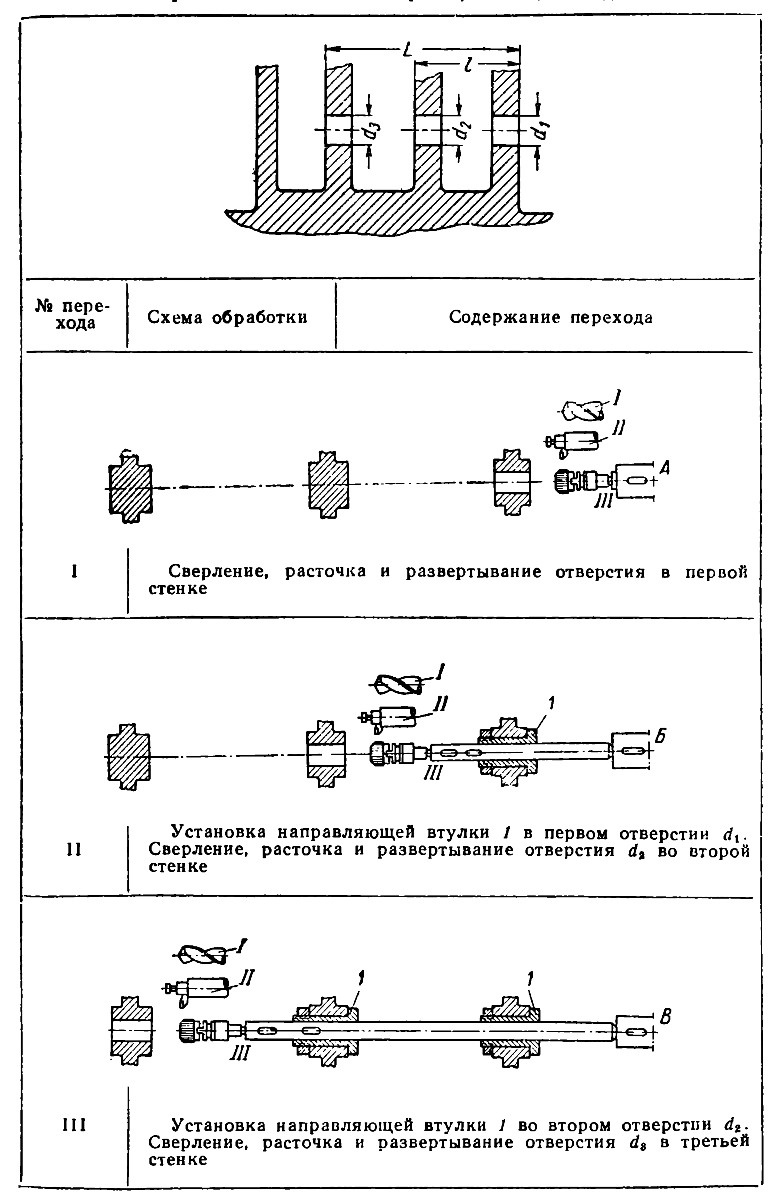
17. Схема обработки отверстий, имеющихся в заготовке

№ перехода	Схема обработки	Наименование и содержание перехода
1		Черновое растачивание односторонним резцом обеспечивается выправлением обрабатываемой поверхности
2		Второе черновое растачивание. Снимается основная часть припуска. На чистовое растачивание оставляется припуск по диаметру 4—6 *мм* (в зависимости от заданного диаметра отверстия)
3		Чистовое растачивание одним резцом (1-й проход)
4		Чистовое растачивание (2-й проход)
5		Снятие фаски с лицевой стороны
6		Снятие фаски с обратной стороны
7		Предварительное развертывание
8		Чистовое (окончательное) развертывание

18. Схема консольной обработки двух отверстий, лежащих в одной оси

№ перехода	Схема обработки	Наименование и содержание перехода
1		Черновое растачивание отверстия в ближней стенке детали
2		Черновое растачивание отверстия в дальней стенке детали
3		Чистовое растачивание отверстия в ближней стенке детали
4		Чистовое растачивание отверстия в дальней стенке детали
5		Чистовое развертывание отверстия в ближней стенке детали
6		Чистовое развертывание отверстия в дальней стенке детали

19. Схема обработки нескольких отверстий, лежащих в одной оси



№ перехода	Схема обработки	Содержание перехода
I		Сверление, расточка и развертывание отверстия в первой стенке
II		Установка направляющей втулки 1 в первом отверстии d_1. Сверление, расточка и развертывание отверстия d_2 во второй стенке
III		Установка направляющей втулки 1 во втором отверстии d_2. Сверление, расточка и развертывание отверстия d_3 в третьей стенке

20. Схема растачивания двух соосных отверстий ⌀ 43/52П с открытой выточкой ⌀ 55 *мм*

№ перехода	Схема обработки	Наименование и содержание перехода
1	200; Ø43	Сверление отверстия диаметром 43 *мм* на глубину 200 *мм*
2	204; Ø35; Ø51,5	Растачивание отверстия до диаметра 51,5 *мм* на глубине 204 *мм*
3	Ø40	Сверление отверстия ⌀ 40 *мм* напроход
4	Ø35; Ø43	Растачивание отверстия ⌀ 40 *мм* до ⌀ 43 *мм*
5	Ø35; Ø55	Растачивание открытой выточки до ⌀ 55 *мм*
	Ø35; Ø51,8	Растачивание отверстий ⌀ 51 до ⌀ 51,5 *мм*
7	Ø52П Черн. Чист.	Развертывание отверстия ⌀ 51,8 до ⌀ 51,92 *мм*
8		Чистовое развертывание до ⌀ 52 П *мм*

21. Схема обработки отверстия, имеющегося в заготовке, и двух открытых торцов

№ перехода	Схема обработки	Наименование и содержание перехода
1	Ø40	Предварительная расточка одним резцом
2		Обработка первого торца двусторонней пластиной
3		Обработка обратного торца двусторонней пластиной
4		Окончательная расточка отверстия

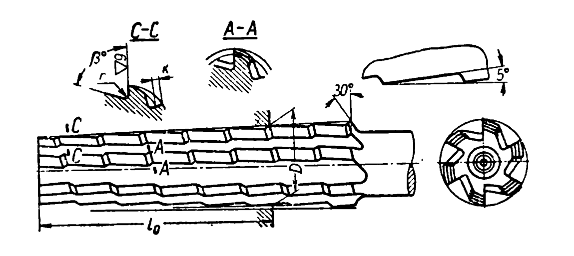
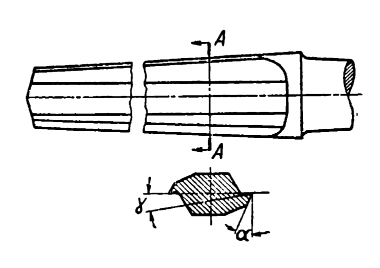
22. Схема обработки отверстия, имеющегося в заготовке, и выточки с фаской Ø 65 A_3/85

№ перехода	Схема обработки	Наименование и содержание перехода
1	Ø40; 1-2; Ø58	Расточка отверстия двумя расточными резцами *1* и *2* до Ø 58 *мм*
2	1; Ø80; 1×45°; 2; 3; Ø59,82; 6	Зенкерование отверстия до Ø 59,82 *мм* зенкером *3* и предварительная расточка выточки с образованием фаски резцом *2*
3		Растачивание выточки Ø 80 *мм* на глубину 5 *мм* резцом *1*
4	1; Ø60A_3	Развертывание отверстия до Ø 60 A_3

23. Схема обработки соосных отверстий ⌀ 22 *А* и 30 *А* с применением удлиненной направляющей втулки

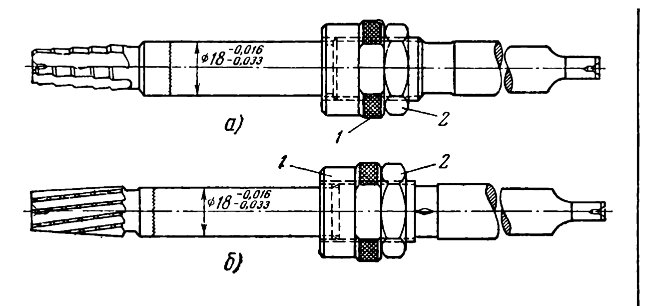
№ перехода	Схема обработки	Наименование и содержание перехода
1	⌀18	Сверление отверстий ⌀ 18 *мм*
2	⌀28	Рассверливание отверстия в первой стенке до ⌀ 28 *мм*
3	⌀29,4; ⌀29,4	Растачивание отверстия ⌀ 28 *мм* до ⌀ 29,4 *мм* и выточки во второй стенке на глубину 4 *мм*
4	⌀29,88	Зенкерование отверстия и выточки ⌀ 29,4 *мм* до ⌀ 29,88 *мм*
5	⌀30А; ⌀30А	Развертывание отверстия и выточки до ⌀ 30 *А*
6	⌀20	Рассверливание отверстия ⌀ 18 *мм* до ⌀ 20 *мм* во второй стенке через направляющую втулку, установленную в отверстие первой стенки и выточку второй стенки
7	⌀21,88	Зенкерование отверстия до ⌀ 21,8 *мм* во второй стенке через направляющую втулку
8	⌀22А	Развертывание отверстия во второй стенке до ⌀ 22 *А* через направляющую втулку

24. Инструмент и приспособления для обработки конических отверстий

Эскиз развертки или приспособления	Наименование технологической оснастки и назначение
Обработка коническими развертками	
	Развертка предназначается для черновой обработки конуса в предварительно обработанном цилиндрическом отверстии, определяемом размерами D и l_0. На всей длине режущей части по спирали имеются ступени, каждая из которых на своем пере является режущим элементом. При работе такой разверткой радиальные и осевые усилия сокращаются вследствие уменьшения ширины стружки
	Двухперая коническая развертка применяется для получистовой (промежуточной) обработки. Эти развертки благодаря хорошей возможности для отвода стружки позволяют производить значительный съем металла

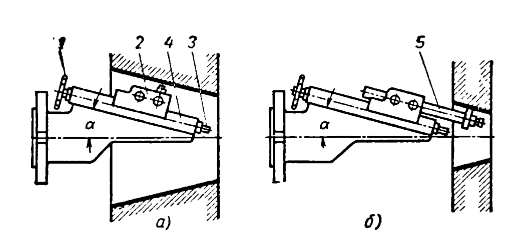
Продолжение табл. 24

Эскиз развертки или приспособления	Наименование технологической оснастки и назначение
	Чистовая коническая развертка со спиральными перьями. Благодаря левому направлению спирали и неравномерному шагу перьев позволяет получать чистую поверхность отверстия с исполнительными размерами D и l_0
	Одноперая коническая развертка предназначена для чистовой обработки отверстий. Позволяет делать малый съем металла и дает поверхность высокой чистоты
	Чистовая, коническая развертка с цилиндрическим хвостовиком. Наличие крутой левой спирали обеспечивает получение высокой чистоты поверхности отверстия



Черновая *а* и чистовая *б* конические развертки. Наличие цилиндрической направляющей части ⌀18 *мм* и упорного кольца *1* с контргайкой *2* позволяет применять для обработки отверстий через кондукторные втулки на регулируемую до упора глубину

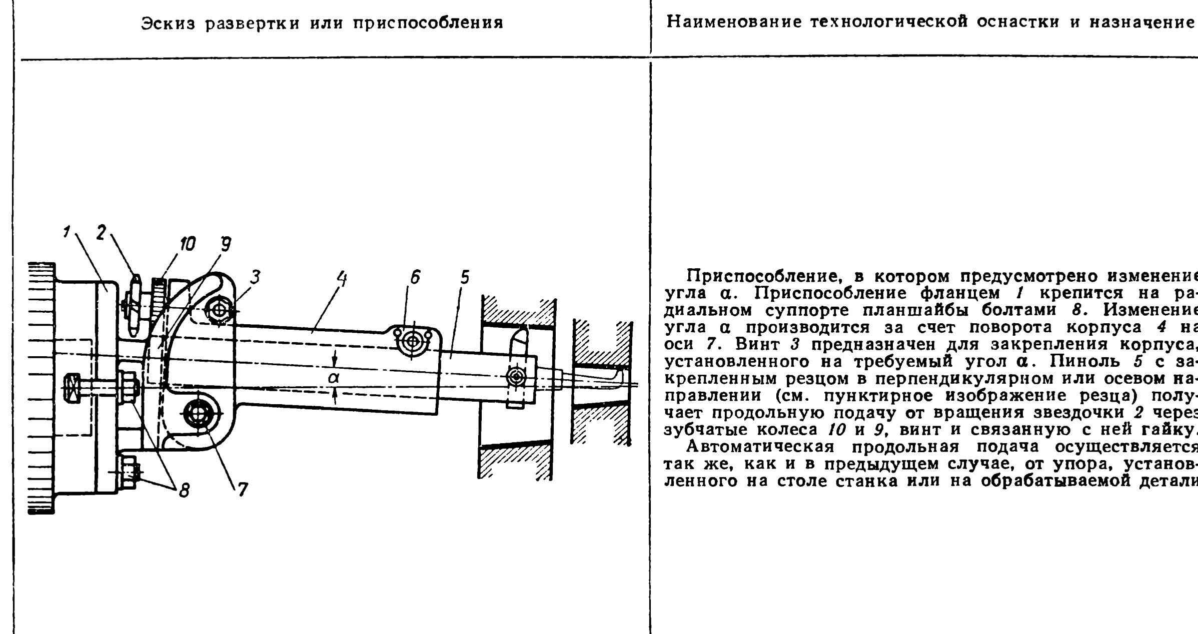
Обработка с помощью приспособлений

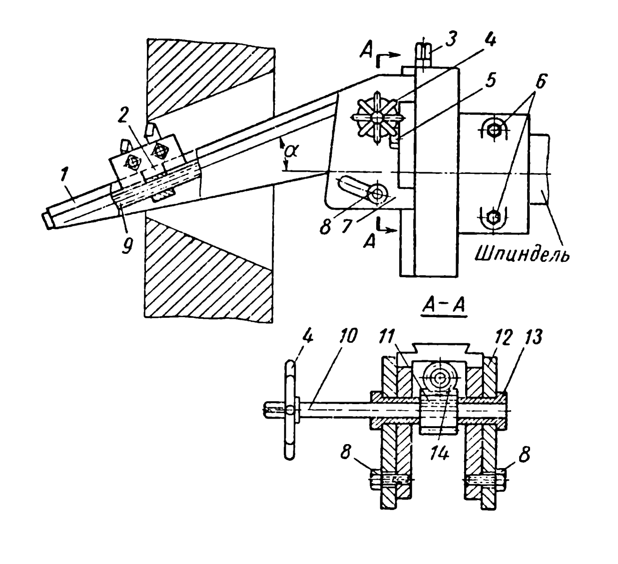


Приспособление предназначено для растачивания конических отверстий с постоянным углом α. Приспособление закрепляется на радиальном суппорте планшайбы станка. Резец закрепляется в державке *2*, которая может перемещаться по направляющим корпуса приспособления *4*. Вращением винта *3* осуществляется продольная подача резца. На втором конце винта установлена звездочка *1*, которая, наскакивая своим зубом при каждом обороте суппорта на установленный упор, осуществляет автоматическую продольную подачу.

Вместо резца в державку *2* можно устанавливать оправку *5* с резцом, что позволяет производить растачивание конических отверстий меньших диаметров

Продолжение табл. 24

Эскиз развертки или приспособления	Наименование технологической оснастки и назначение
 	Приспособление, в котором предусмотрено изменение угла α. Приспособление фланцем *1* крепится на радиальном суппорте планшайбы болтами *8*. Изменение угла α производится за счет поворота корпуса *4* на оси *7*. Винт *3* предназначен для закрепления корпуса, установленного на требуемый угол α. Пиноль *5* с закрепленным резцом в перпендикулярном или осевом направлении (см. пунктирное изображение резца) получает продольную подачу от вращения звездочки *2* через зубчатые колеса *10* и *9*, винт и связанную с ней гайку. Автоматическая продольная подача осуществляется так же, как и в предыдущем случае, от упора, установленного на столе станка или на обрабатываемой детали



Приспособление для расточки конических отверстий на станках, не имеющих радиального суппорта, устанавливается на шпиндель станка и закрепляется болтами *6*. Угол α устанавливается за счет направляющей *1* на втулках *13* и закрепляется в заданном положении болтами *8* к щекам *12* корпуса.

Продольная подача резцовой державки *2* по направляющим *1* производится от звездочки *4* на валик *10*, через червячную зубчатую пару *11* и *14* на винт *9* и гайку державки. Автоматическая подача осуществляется также от упора, как и у выше описанных приспособлений. Радиальная подача на увеличение диаметров конического отверстия производится винтом *3* и закрепляется в нужном положении винтами *5*

Некоторые особые случаи консольной обработки деталей. Часто встречаются детали, в которых обрабатываемые отверстия расположены на большом расстоянии от стороны, обращенной к торцу шпинделя. В этом случае длинная оправка и большой вылет шпинделя не позволяют быстро и качественно обработать отверстия.

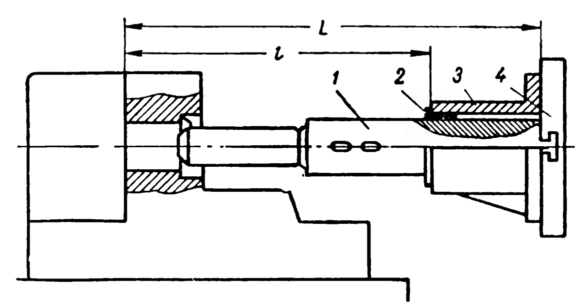


Рис. 1. Схема консольного растачивания с применением кронштейна

Чтобы обеспечить необходимые условия обработки, придать жесткость системе инструмент—оправка—шпиндель, применяют специальный кронштейн, который является дополнительной опорой для шпинделя *1* (рис. 1). Кронштейн *3* со втулкой *2* надевают на шпиндель *1* и привертывают к планшайбе *4* болтами, устанавливаемыми в Т-образные пазы и отверстия фланца кронштейна. При использовании такого кронштейна сокращается общий вылет инструмента, что создает лучшие условия для обработки отверстий.

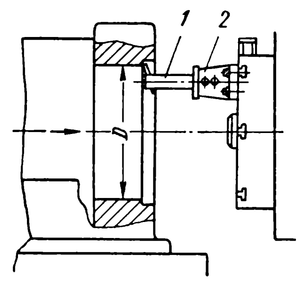


Рис. 2. Растачивание коротких отверстий большого диаметра с использованием радиального суппорта

При растачивании коротких отверстий больших диаметров используют радиальный суппорт планшайбы (рис. 2). Державку *1* закрепляют с помощью державки *2* на Т-образные пазы суппорта. Радиальная подача резца осуществляется перемещением суппорта вручную, а рабочая подача — перемещением стола станка с установленной деталью в направлении инструмента.

В случае отсутствия радиального суппорта на станке, обработку отверстий осуществляют с помощью концевого суппорта с радиальной подачей (рис. 3). Концевой суппорт коническим хвостовиком *1* устанавливают в шпиндель станка. Резец закрепляют в отверстии державки *6* на каретке *7*, которая связана с корпусом *2* подвижным соединением типа «ласточкин хвост».

Резец перемещается вращением звездочки *4*, установленной на винте *3*, который, в свою очередь, перемещает сухарь *5*, жестко связанный с кареткой. Рабочая подача при таком способе должна осуществляться за счет перемещения стола станка с деталью. Подача за счет

осевого перемещения шпинделя не рекомендуется, так как с увеличением консоли снижается жесткость системы станок—инструмент—деталь.

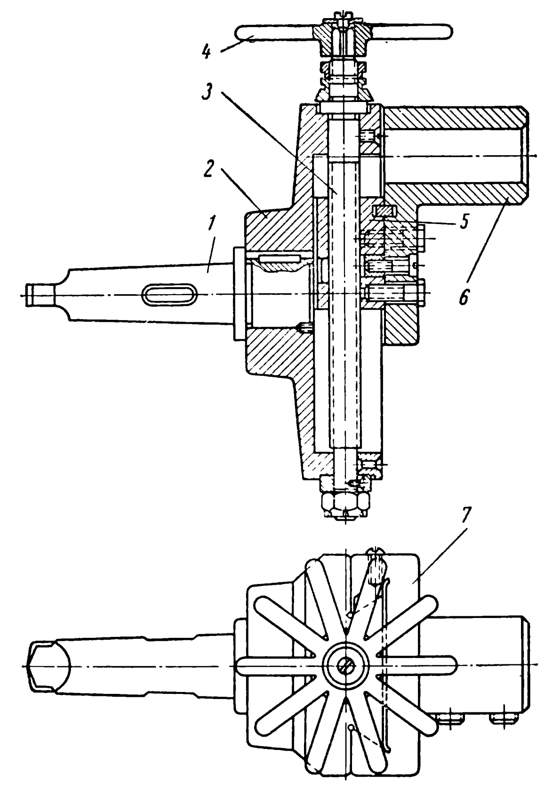


Рис. 3. Концевой суппорт

Растачивание отверстий с помощью борштанг. Несколько соосных отверстий, расположенных на больших расстояниях, растачивают с применением борштанг с опорой в люнете задней стойки, а иногда и с дополнительными опорами на втулки, устанавливаемые в одно или несколько предварительно расточенных отверстиях. Недостатками данного способа растачивания являются:

необходимость занижения режимов резания по сравнению с консольной расточкой;

дополнительная затрата времени на выверку втулки люнета задней стойки;

излишняя затрата времени, связанная с неудобством установки борштанги в отверстие;

выбор диаметра борштанги зависит не от меньшего диаметра обрабатываемых отверстий, а от величины припуска на обработку и соосности его с заданными координатами;

неудобство при замерах параметров обрабатываемых отверстий.

Однако несмотря на эти недостатки, во многих случаях при работе на горизонтально-расточных станках применение борштанг необходимо.

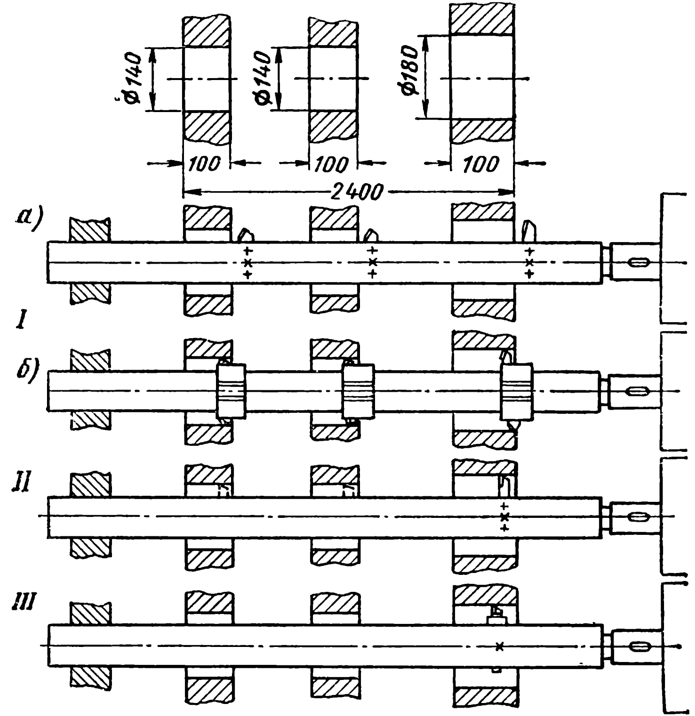


Рис. 4. Схема растачивания трех соосных отверстий при помощи борштанги

На рис. 4 приведена схема растачивания трех соосных отверстий при помощи борштанги. Черновую обработку всех трех отверстий производят одновременно, или отдельными резцами, устанавливаемыми в гнезде борштанги (рис. 4, *а*), или одновременно тремя резцами, устанавливаемыми в насадные или разъемные головки (рис. 4, *б*). Получистовую обработку (рис. 4II) производят также одновременно всех отверстий резцами, закрепленными в борштанге.

Чистовое растачивание (рис. 4III) следует производить отдельно каждого отверстия с целью достижения более высокой точности обработки и соосности отверстий. Если отверстия не лежат в плоскости разъема (корпус с крышкой), окончательную обработку их следует производить плавающими самоустанавливающимися развертками.

Для их правильного ввода в отверстие при подводе следует давать шпинделю обратное вращение, а в момент контакта режущих кромок пластины со стенкой отверстия переключать направление вращения на резание.

При растачивании ступенчатых отверстий диаметрами свыше 300 *мм* применяют соответствующие расточные головки (рис. 5), закрепляемые на установленную выверенную борштангу. Для растачивания ступенчатого отверстия в первой от шпинделя стенке рекомендуется применять суппорт *1* с радиальной подачей, а для растачивания сквозного отвер-

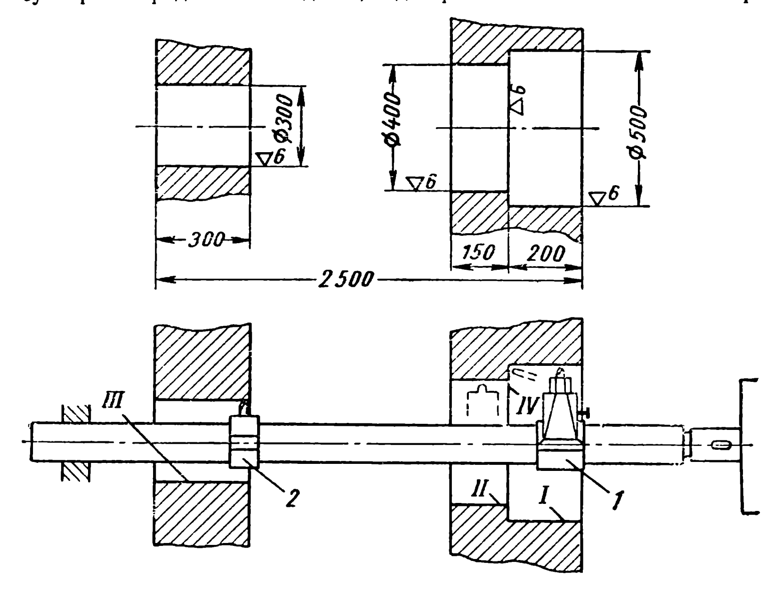


Рис. 5. Растачивание ступенчатых отверстий с применением расточных головок

стия во второй стенке — насадную разъемную головку *2*. После окончательной проверки положения борштанги производят черновую и чистовую расточку в следующей последовательности:

черновое растачивание отверстия под ∅ 500 *мм* резцом суппорта;

черновое растачивание отверстий под ∅ 400 *мм* резцом суппорта после переналадки и под ∅ 300 *мм* резцом насадной головки;

черновая и чистовая обработка торца, образуемого в ступенчатом отверстии подрезным резцом, устанавливаемым в суппорте с радиальной подачей его;

чистовое растачивание отверстия ∅ 500 *мм* расточным резцом с суппорта;

чистовое растачивание отверстия ∅ 400 *мм* после переналадки суппорта;

чистовое растачивание отверстия ∅ 300 *мм* резцом насадной головки.

Последние три перехода целесообразно производить за два—три прохода.

В практике работы на расточных станках встречаются детали, крайние отверстия которых отстоят друг от друга на больших расстояниях.

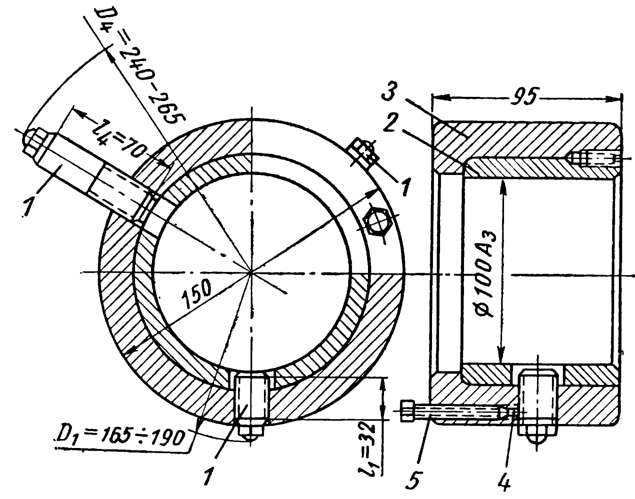


Рис. 6. Дополнительные опоры

При обработке таких отверстий, с целью уменьшения прогиба и вибраций борштанг применяют дополнительные опоры, так называемые внутренние люнеты (рис. 6). Такой люнет благодаря наличию сменных упор-

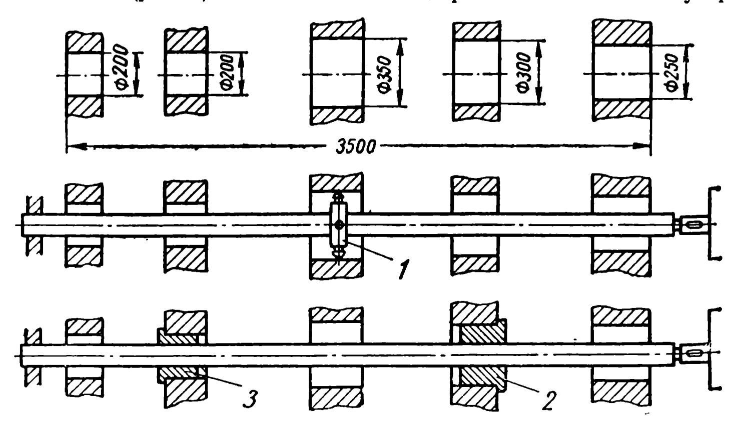


Рис. 7. Схема обработки пяти соосных отверстий с применением дополнительных опор

ных винтов *1* является универсальным и его можно устанавливать в отверстия различных диаметров, а также и в необработанные отверстия. Установку в нужное положение люнета, надетого на борштангу, произ-

водят путем регулирования винтами *1*, расположенными в корпусе *3* по окружности через 120°. Регулировочные винты стопорят винтами *5* через латунные буксы *4*, предохраняющие резьбу от повреждения. Втулка *2*, изготовленная из стали и закаленная до твердости *HRC* 58—60, имеет внутренний диаметр, равный диаметру борштанги.

На рис. 7 приведена схема обработки пяти соосных отверстий с применением различных дополнительных опор. В этом примере расстояние между крайними отверстиями составляет 3500 *мм*. Внутренний люнет *1*, надетый на борштангу, устанавливают в отверстие средней стенки. Борштангу выверяют рамными уровнями путем регулирования винтами люнета, затем обрабатывают четыре отверстия, расположенных по обе стороны люнета.

Среднее отверстие обрабатывают с использованием опорных втулок *2* и *3*, устанавливаемых в расточенные отверстия.

Фрезерование плоскостей и пазов

Фрезерование плоскостей и пазов на горизонтально-расточных станках целесообразно производить в тех случаях, когда требуется обеспечить при обработке детали высокую точность расположения плоскости или плоскостей относительно отверстий или других элементов детали. Такая точность легче всего достигается за счет обработки отверстий и фрезерования плоскостей или пазов с одного постанова.

Концевые фрезы с коническим хвостовиком закрепляют через переходные втулки в шпиндель станка. Фрезы, у которых номер конуса Морзе соответствует конусу шпинделя и имеется на хвостовике лапка и отверстие для чеки, закрепляют непосредственно в шпиндель станка.

Во многих случаях фрезы и фрезерные головки различных типов закрепляют на специальных оправках. На рис. 8, *а* показана оправка, состоящая из корпуса *3* с коническим хвостовиком Морзе № 5, переходной муфтой *2* и затяжным винтом *1*. Выступающий гребень *А* соединяется с пазом фрезы и передает крутящий момент от шпинделя. Такие оправки используются для фрез диаметрами 40—110 *мм*.

Для более крупных насадных фрез или фрезерных головок диаметрами 150 до 400 *мм* применяют оправку, показанную на рис. 8, *б*. Оправка состоит из корпуса *1* с коническим хвостовиком Морзе № 5, двух шпонок *2*, закрепленных в пазах корпуса винтами *3*. Фрезу или фрезерную головку насаживают на диаметр *D* до торца *М* и через отверстия, имеющиеся в корпусе головки, закрепляют четырьмя болтами *4*. На хвостовиках обеих оправок имеются лапки и отверстия под чеку для закрепления оправки в шпиндель станка. При фрезеровании следует учитывать следующие основные факторы, которые непосредственно влияют на качество фрезерования и производительность:

система станок—фреза—деталь должна быть максимально жесткой. Это достигается путем надежного закрепления детали, сокращения до возможного минимума консоли шпиндель-оправка и надежным закреплением фрезы;

фреза, находящаяся на оправке, не должна иметь радиального и торцового биения более 0,05 *мм*;

для чернового фрезерования следует применять фрезы с крупным, а при чистовом с мелким зубом;

износ режущих кромок фрезы не следует допускать больше рекомендуемого;

при выборе режима резания следует обязательно учитывать обрабатываемость материала детали, материала инструмента, а также жесткость системы станок—инструмент—деталь. Режим должен быть максимально высоким, но обеспечивающим требуемое качество обработки поверхности;

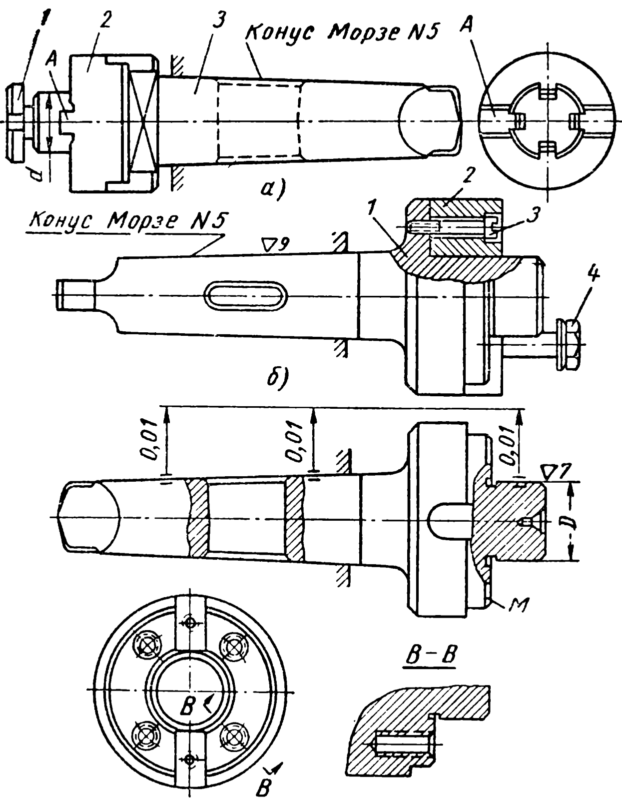


Рис. 8. Оправки для крепления фрез: *а* — для фрез диаметром от 40 до 110 *мм*; *б* — для фрез диаметром от 150 до 400 *мм*

количество проходов должно определяться в зависимости от величины припуска с учетом жесткости системы станок—инструмент—деталь и требуемых условий чистоты обработки поверхности.

При фрезеровании плоскостей детали, требующих большого вылета инструмента, рекомендуется применять дополнительную опору в виде кронштейна (рис. 9). Кронштейн *3* надевают на шпиндель *2* и фланцем крепят к планшайбе станка. Шпиндель, вращаясь во втулке *1* корпуса кронштейна, получает в ней дополнительную радиальную опору.

Пазы, расположенные в плоскостях, перпендикулярных к оси вращения шпинделя, фрезеруют, как правило, концевыми фрезами. Глубина паза обеспечивается установкой фрезы, а ширина, после первого прохода, дофрезеровывается в «разгон» до заданного размера.

Т-образные пазы обрабатывают в следующей последовательности (рис. 10, *а*): сначала прорезают прямоугольный паз дисковой или концевой фрезой *1*, далее концевой фрезой *2* доводят его до заданного размера и потом грибковой фрезой *3* фрезеруют, образуя форму Т-образного паза.

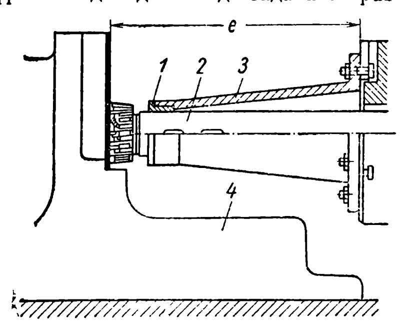


Рис. 9. Применение кронштейна при фрезеровании, требующего большого вылета инструмента

Пазы по форме ласточкина хвоста делают в последовательности, показанной на рис. 10, *б*: образование прямоугольного паза *1*, фрезерование боковых стенок паза *2* до заданного размера, фрезерование угловой фрезой одной и второй сторон *3* и *4*.

В практике работы встречаются случаи, когда необходимо произвести обработку плоскости, лежащей параллельно оси шпинделя. Для этого используют оправку с опорой во втулку люнета задней стойки. На оправку устанавливают цилиндрическую фрезу со спиральным зубом.

Ниже, в табл. 25—27, приводятся рекомендуемые режимы резания при фрезеровании на горизонтально-расточных станках.

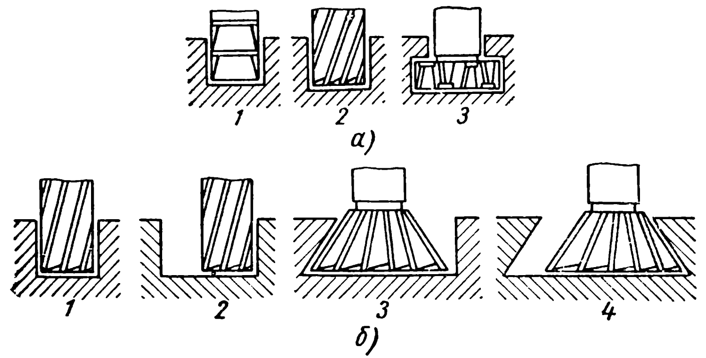


Рис. 10. Схема и последовательность фрезерования пазов:
а — Т-образных; *б* — в виде ласточкина хвоста

Обработка торцовых и наружных поверхностей

В практике работы на горизонтально-расточных станках имеют место обработка торцов бабышек, приливов и даже обточка их. Способы такой обработки приведены в табл. 28.

25. Подачи и скорости резания при фрезеровании плоскостей торцовыми фрезами из быстрорежущей стали

Жесткость системы деталь — инструмент — станок	Фрезы с крупным зубом и вставными ножами		Фрезы с мелким зубом	
	Подача на один зуб в *мм* при обработке			
	стали	чугуна	стали	чугуна
Повышенная	0,08—0,15	0,2—0,4	0,06—0,1	0,15—0,3
Средняя	0,06—0,1	0,15—0,25	0,04—0,08	0,1—0,2
Пониженная	0,04—0,06	0,15—0,25	0,04—0,06	0,1—0,2
Скорость резания (средняя) в *м/мин*	40	45	45	50

Примечание. Наименьшие величины подач относятся к получистовому фрезерованию.

26. Режим резания при фрезеровании торцовыми фрезами с пластинками твердого сплава

Обрабатываемый материал	Скорость резания в *м/мин*	Подача на один зуб в *мм*	Глубина фрезерования в *мм*	Ширина фрезерования в *мм*
Сталь	170—250	0,06—0,2	2—7	(0,4—0,7) *D*
Чугун	90—130	0,08—0,4		

Примечания: 1. *D* — диаметр торцовой фрезы в *мм*.
2. Наименьшие величины подач относятся к получистовому фрезерованию.

27. Подачи и средние скорости резания, рекомендуемые при работе концевыми фрезами из быстрорежущей стали для обработки пазов

Диаметр фрезы в *мм*	Число зубьев фрезы	Ширина паза в *мм*	Глубина паза в *мм* до 5	10	15	20	30
			Подача на один зуб в *мм*				
Сталь							
6—10	5	6—10	0,01—0,015	0,03—0,08	0,003—0,005	—	—
16—20	5	16—20	0,015—0,025	0,01—0,02	0,008—0,02	0,01—0,015	
25—30	6	25—30	—	0,03—0,05	0,02—0,04	0,02—0,03	0,015—0,025
Скорость резания в *м/мин*			30	27	25	22	20
Чугун							
6—10	5	6—10	0,01—0,03	0,006—0,02	0,05—0,01	—	—
16—20	5	16—20	0,03—0,08	0,02—0,06	0,01—0,05	0,01—0,03	—
25—30	6	25—30	—	0,05—0,1	0,01—0,06	0,03—0,05	0,02—0,04
Скорость резания в *м/мин*			28	24	20	17	17

28. Схемы обработки небольших торцовых и наружных цилиндрических поверхностей

Схема обработки	Способ и применяемый инструмент
90°	Подрезка одним резцом, закрепленным в оправке или борштанге. Выполняется на малых подачах и скоростях. Требуется точная установка режущей грани резца относительно оси вращения оправки (борштанги)
	Подрезка нешироких торцов двусторонним пластинчатым резцом. Обе режущие кромки резца полностью перекрывают обрабатываемый торец
	Способ подрезки торца, при котором одна сторона пластинчатого резца обрабатывает половину торца (по диаметру), а другая полностью. При этом способе облегчается процесс резания за счет разделения ширины стружки
	Подрезка торца с помощью разъемного двухрезцового блока. Каждый резец обрабатывает часть торцовой поверхности

Продолжение табл. 28

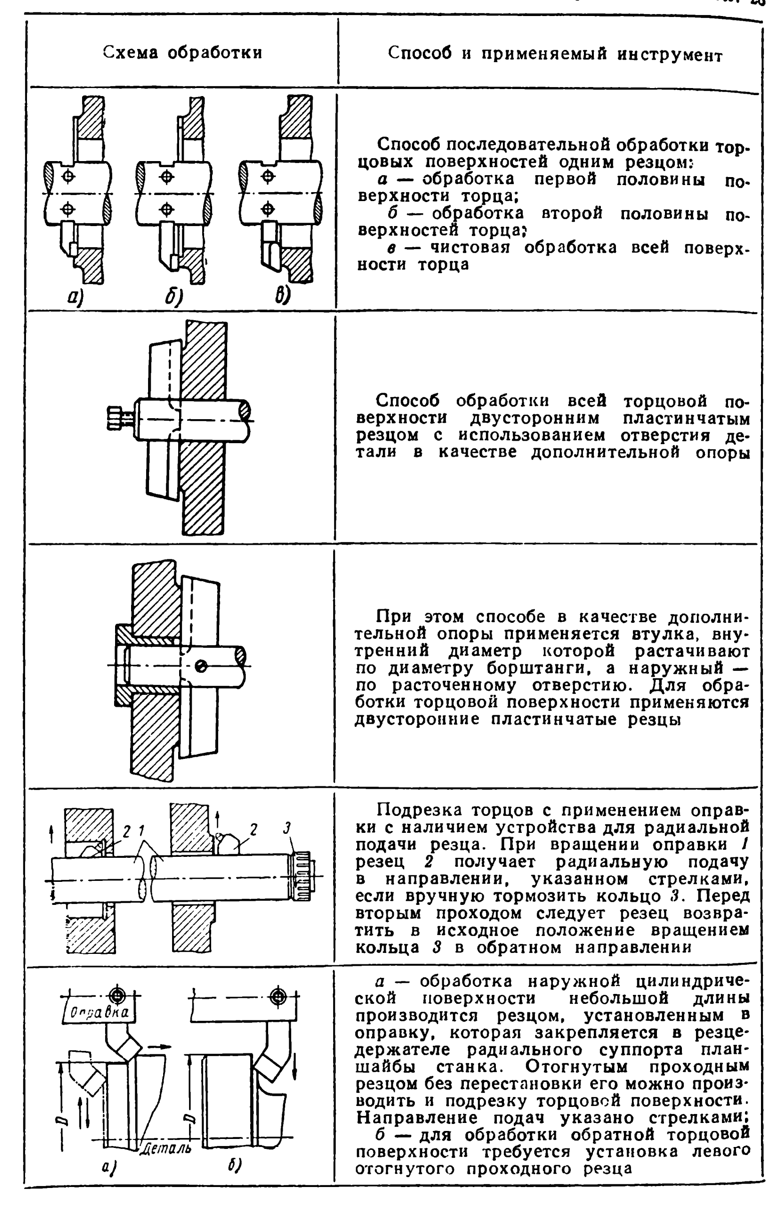


Схема обработки	Способ и применяемый инструмент
а) б) в)	Способ последовательной обработки торцовых поверхностей одним резцом: *а* — обработка первой половины поверхности торца; *б* — обработка второй половины поверхностей торца; *в* — чистовая обработка всей поверхности торца
	Способ обработки всей торцовой поверхности двусторонним пластинчатым резцом с использованием отверстия детали в качестве дополнительной опоры
	При этом способе в качестве дополнительной опоры применяется втулка, внутренний диаметр которой растачивают по диаметру борштанги, а наружный — по расточенному отверстию. Для обработки торцовой поверхности применяются двусторонние пластинчатые резцы
2 1 2 3	Подрезка торцов с применением оправки с наличием устройства для радиальной подачи резца. При вращении оправки *1* резец *2* получает радиальную подачу в направлении, указанном стрелками, если вручную тормозить кольцо *3*. Перед вторым проходом следует резец возвратить в исходное положение вращением кольца *3* в обратном направлении
Оправка, D, Деталь, а) б)	*а* — обработка наружной цилиндрической поверхности небольшой длины производится резцом, установленным в оправку, которая закрепляется в резцедержателе радиального суппорта планшайбы станка. Отогнутым проходным резцом без перестановки его можно производить и подрезку торцовой поверхности. Направление подач указано стрелками; *б* — для обработки обратной торцовой поверхности требуется установка левого отогнутого проходного резца

Нарезание резьбы

На горизонтально-расточных станках нарезание резьб в отверстиях производят резцами и метчиками. Нарезание метчиками — более простой производнтельный способ. При нарезании резьб используют стандартные метчики и резьбонарезные головки завода «Фрезер». Для закрепления метчиков и получения качественной нарезки применяют патроны нескольких типов.

Патрон для жесткого закрепления метчика (рис. 11, *а*) состоит из корпуса *6*, связанного с хвостовиком *4* посредством кольцевой ка-

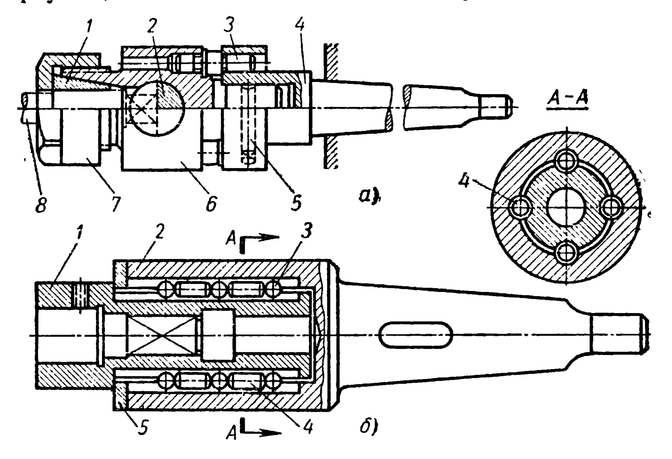


Рис. 11. Патроны для крепления метчиков:
а — для жесткого закрепления; *б* — компенсирующий (с выдвижной втулкой) патрон

навки и штифта *5*. Метчик зажимается в цангу *1* гайкой *7*, причем квадратный конец его входит в паз вставки *2*. Крутящий момент от шпинделя передается через хвостовик, кулачковые штифты *3* и далее через корпус на метчик *8*.

На рис. 11, *б* показан патрон для метчиков с выдвижной втулкой *1*, которая вместе с закрепленным в ней метчиком может выдвигаться независимо от осевой подачи шпинделя. Патрон состоит из корпуса *2* и втулки *1*, которые между собой связаны тремя рядами шариков *3* и цилиндриками *4*, находящихся в полуотверстиях корпуса и втулки. Такое соединение передает крутящий момент на метчик и в то же время позволяет втулке *1* легко выдвигаться из корпуса. От выпадения втулки и шариков из корпуса предохраняет кольцо *5*, привернутое к торцу корпуса.

При нарезании резьб в глухих отверстиях во избежание поломки метчиков следует применять предохранительные патроны (рис. 12; табл. 29). Предохранительный патрон состоит из корпуса *1* и связанной с ним шпонкой полумуфты *5*, на которую установлена пружина *3*, поджимаемая гайкой *2*. Стакан *4*, в передней части которого закрепляется метчик, связан с полумуфтой *5* кулачками. В случае, если мет-

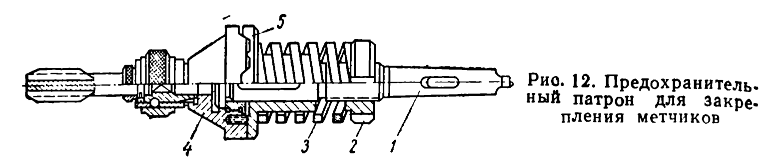


Рис. 12. Предохранительный патрон для закрепления метчиков

чик упирается в дно нарезаемого отверстия, то возрастающие усилия выжимают кулачки стакана из впадин полумуфты, которая заставляет последнюю перемещаться, сжимая пружину, а вращение стакана и, следовательно, метчика прекращается, что и предохраняет его от поломки.

29. Размеры в *мм* предохранительных патронов для метчиков по ГОСТу 8255

Тип I Нереверсивный

Тип II Реверсивный

Конус Морзе

Гнездо для хвостовика метчика

Вид А

Размеры конца хвостовика метчика и гнезда в патроне		№ конуса Морзе патрона	Тип 1			Тип 2		
d	*a*		*D*	*H*	*L*	*D*	*H*	*L*
4—6	3—4,9	1	50	120	182	60	140	202
6—9	4,9—7	2	60	130	205	80	160	235
7,5—14	6,2—11	3	80	160	254	100	200	294
12,5—24	10—18	4	110	200	318	120	250	368
19—38	14,5—29	5	150	250	400	160	315	465

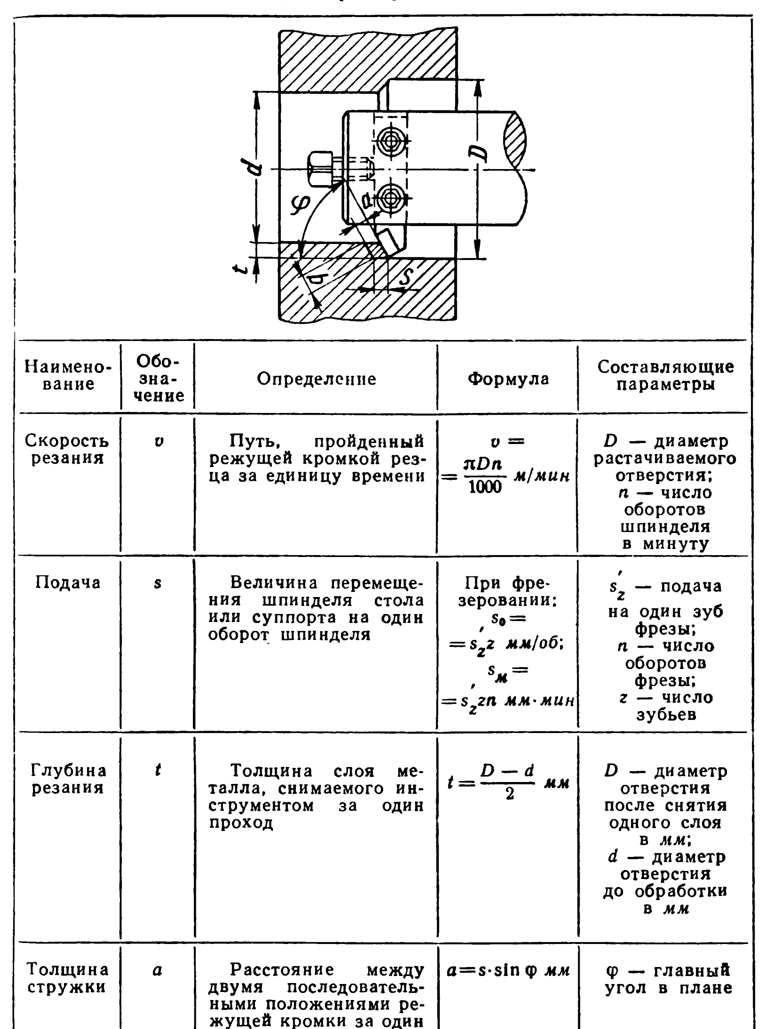
Режимы резания

При растачивании различают следующие элементы режима резания: скорость резания, подачу и глубину резания.

Назначая режимы резания, необходимо учитывать возникающие при этом силы резания, крутящий момент и эффективную мощность резания.

В табл. 30—32 приводится характеристика элементов резания, составляющих параметров и их зависимости.

30. Элементы режимов резания, составляющие параметры и их зависимость



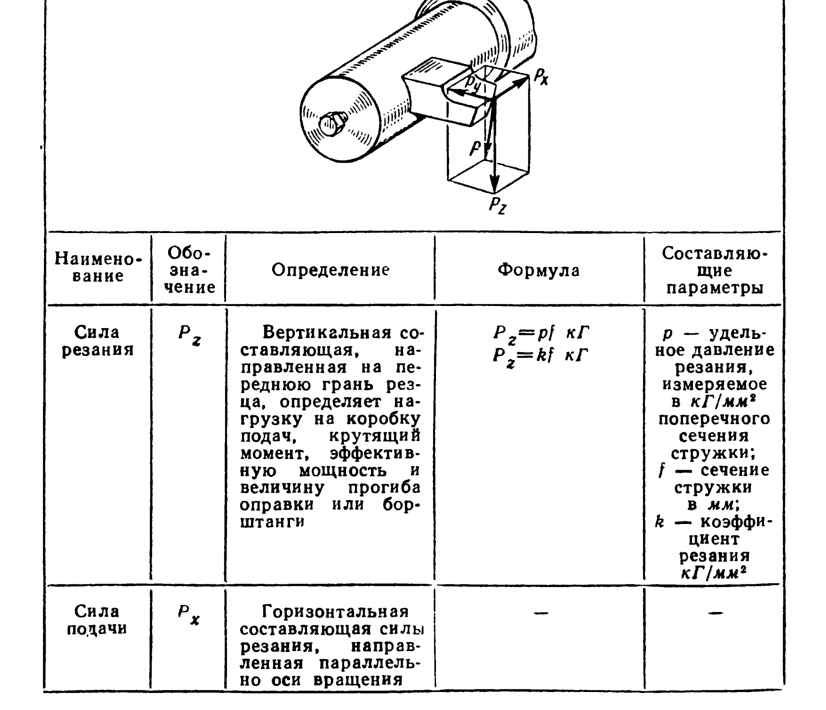
Наименование	Обозначение	Определение	Формула	Составляющие параметры
Скорость резания	v	Путь, пройденный режущей кромкой резца за единицу времени	$v = \frac{\pi D n}{1000}$ *м/мин*	D — диаметр растачиваемого отверстия; n — число оборотов шпинделя в минуту
Подача	s	Величина перемещения шпинделя стола или суппорта на один оборот шпинделя	При фрезеровании: $s_0 = s'_z z$ *мм/об*; $s_м = s'_z z n$ *мм·мин*	s'_z — подача на один зуб фрезы; n — число оборотов фрезы; z — число зубьев
Глубина резания	t	Толщина слоя металла, снимаемого инструментом за один проход	$t = \frac{D - d}{2}$ *мм*	D — диаметр отверстия после снятия одного слоя в *мм*; d — диаметр отверстия до обработки в *мм*
Толщина стружки	a	Расстояние между двумя последовательными положениями режущей кромки за один оборот инструмента, измеренное перпендикулярно к поверхности резания	$a = s \cdot \sin\varphi$ *мм*	φ — главный угол в плане

*

Продолжение табл. 30

Наименование	Обозначение	Определение	Формула	Составляющие параметры
Ширина стружки	b	Расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по поверхности резания	$b=\frac{t}{\sin\varphi}$ *мм*	t — глубина резания
Площадь поперечного сечения стружки	f	Площадь сечения срезаемого слоя металла, измеряемая в перпендикулярной плоскости к рабочему ходу резца	$f=st=ab$ *мм*²	s — подача; a — толщина стружки; b — ширина стружки

31. Силы, действующие на резец, и эффективная мощность



Наименование	Обозначение	Определение	Формула	Составляющие параметры
Сила резания	P_z	Вертикальная составляющая, направленная на переднюю грань резца, определяет нагрузку на коробку подач, крутящий момент, эффективную мощность и величину прогиба оправки или борштанги	$P_z=pf$ *кГ* $P_z=kf$ *кГ*	p — удельное давление резания, измеряемое в *кГ/мм*² поперечного сечения стружки; f — сечение стружки в *мм*; k — коэффициент резания *кГ/мм*²
Сила подачи	P_x	Горизонтальная составляющая силы резания, направленная параллельно оси вращения	—	—

Продолжение табл. 31

Наименование	Обозначение	Определение	Формула	Составляющие параметры
Радиальная сила	P_y	Горизонтальная составляющая, направленная перпендикулярно оси станка. Определяет степень отжатия резца от детали	—	—
Усилие резания	P	Является диагональю призмы, стороны которой равны P_z; P_x и P_y	$P=\sqrt{P_z^2+P_x^2+P_y^2}$ *кГ*	P_z — сила резания; P_x — сила подачи; P_y — радиальная сила

32. Значение коэффициента *k* для различных материалов

$\sigma_в$ в *кГ/мм*² для стали. *НВ* в *кГ/мм*² для чугуна	Среднее значение коэффициента *k* в *кГ/мм*²	$\sigma_в$ в *кГ/мм*² для стали. *НВ* в *кГ/мм*² для чугуна	Среднее значение коэффициента *k* в *кГ/мм*²
Сталь		Чугун	
40—50	150	140—160	100
50—60	160	160—180	108
60—70	178	180—200	114
70—80	200	200—220	120
80—90	220	Бронза	
90—100	235	—	55
100—120	255		

Рекомендации по выбору режимов резания при расточных работах. Повышение производительности труда при обработке деталей на расточных станках обеспечивается правильным выбором режимов резания всех производимых во время обработки отверстий. Такими переходами являются сверление, зенкерование, растачивание, развертывание.

Правильно выбрать режимы резания — это значит достигнуть экономически наиболее выгодной обработки детали при обеспечении технических условий.

Рекомендуемые ниже (табл. 33—58) режимы резания даны для сверления, зенкерования, растачивания, развертывания, цекования,

зенкования и нарезания резьбы и предназначены преимущественно для горизонтально-расточных станков различных типов. Данные этих таблиц можно использовать и для выбора режимов резания на отдельные операции, выполняемые на координатно-расточных станках.

Рекомендации по режимам резания для работы на алмазно-расточных станках приводятся в разделе «Работа на алмазно-расточных станках». Рекомендуемые режимы резания не следует считать предельными, их надо рассматривать как первый этап установления рациональных режимов резания.

Приводимые в таблицах данные приняты в соответствии с инструктивными указаниями по расчету режимов резания НИИТавтопрома.

При выборе величины подачи в каждом отдельном случае надо учитывать условия обработки и требования к чистоте обработанной поверхности. В приводимых ниже рекомендациях величина подачи выбирается в зависимости от одной из трех групп подач, в каждой из которых учтены условия обработки.

33. Группы подач в зависимости от условий обработки и требований к чистоте обработки

Виды условия обработки	Группа подач
Сверление	
Быстрорежущими сверлами с точностью не выше 5-го класса точности	I
С точностью не выше 5-го класса при пониженной жесткости системы деталь—приспособление	II
При усложненных условиях работы сверла (наклонение поверхности, каналы, расположенные под углом, и т. п.; сверление отверстий под нарезание резьбы, сверление под чистовое зенкерование, чистовую расточку, развертывание)	III
Зенкерование	
Черновое: по 5-му классу точности и под нарезание резьбы	I
под последующее развертывание (требования к чистоте поверхности невысокие) по 4-му классу точности	II
под чистовое развертывание и растачивание	III
Растачивание	
Черновое	I
Под последующее развертывание	II
Чистовое растачивание	III
Развертывание	
Предварительное	I
Окончательное или чистовое	III

84. Рекомендуемые подачи и скорости резания *
(сверление и рассверливание углеродистой стали ($\sigma_в$ = 60÷70 *кГ/мм²*) сверлами из стали марки Р18

Сверление					Рассверливание					
Диаметр сверла	Группа подач	Подача s в *мм/об*	Скорость резания v в *м/мин*	Число оборотов n в минуту	Диаметр сверла D в *мм*	Диаметр предварительного отверстия d	Группа подач	Подача s в *мм/об*	Скорость резания v в *м/мин*	Число оборотов n в минуту
2,5	I II III	0,04 0,03 0,02	28—33	3500—4200	25	10	I II III	0,70 0,50 0,25	15—25	192—318
4,0	I II III	0,08 0,06 0,04	23—28	1830—2220		16	I II III	0,80 0,50 0,20	15—28	192—356
6,0	I II III	0,12 0,09 0,06	24—28	1270—1480	32	12	I II III	0,5 0,35 0,20	12—20	120—198
8,0	I II III	0,16 0,12 0,08	24—28	960—1110		16	I II III	0,70 0,50 0,25	12—20	120—198
10,0	I II III	0,22 0,16 0,11	22—28	700—890		25	I II III	0,80 0,50 0,20	14—23	139—230
12,0	I II III	0,28 0,22 0,14	22—28	584—745	40	25	I II III	0,90 0,70 0,25	12—20	95—159
16,0	I II III	0,32 0,23 0,17	20—29	400—578		32	I II III	1,0 0,7 0,35	14—23	111—183
25,0	I II III	0,45 0,32 0,22	18—27	230—342	50	25	I II III	1,0 0,7 0,4	10—18	64—114
32,0	I II III	0,50 0,35 0,25	18—27	180—264		32	I II III	0,8 0,5 0,3	12—20	76—127

* Скорости резания даны при работе без охлаждения. При работе с охлаждением скорости резания увеличивать на 25%.

35. Сверление и рассверливание серого (*HB* 170—229) и ковкого чугуна (*HB* < 170) сверлами из быстрорежущей стали марки Р18 *

Сверление					Рассверливание					
Диаметр сверла *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту	Диаметр сверла *D* в *мм*	Диаметр предварительного отверстия *d* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту
2,5	I II III	0,06 0,04 0,03	30—40	3800—5100	25	10	I II III	0,80 0,60 0,40	21—28	268—356
4,0	I II III	0,12 0,08 0,06	30—40	2380—3180		16	I II III	0,90 0,70 0,40	21—29	268—370
6,0	I II III	0,18 0,12 0,09	28—36	1480—1910	32	12	I II III	1,0 0,80 0,50	18—24	180—240
8,0	I II III	0,24 0,16 0,12	26—36	1040—1430		16	I II III	1,0 0,80 0,50	18—24	180—240
10,0	I II III	0,30 0,20 0,15	24—35	765—1115		25	I II III	1,10 0,90 0,70	19—25	190—248
12,0	I II III	0,35 0,25 0,18	23—24	610—900	40	25	I II III	1,0 0,8 0,5	19—25	151—200
16,0	I II III	0,45 0,30 0,22	22—34	440—680		32	I II III	1,10 0,90 0,70	20—27	158—214
25,0	I II III	0,35 0,38 0,27	21—33	268—420	50	25	I II III	1,0 0,8 0,5	18—24	115—153
32,0	I II III	0,60 0,45 0,30	21—32	208—320		32	I II III	1,10 0,90 0,50	19—25	121—159—

* Данные для работы без охлаждения

36. Сверление серого (HB 170—229) и ковкого (HB < 170) чугуна сверлами с пластинками твердого сплава марки ВК8 *

Диаметр сверла D в *мм*	Группа подач	Подача s в *мм/об*	Скорость резания v в *м/мин*	Число оборотов n в минуту
20	I II III	0,90 0,40 0,25	40—80	635—1275
22	I II III	0,90 0,45 0,30	38—76	550—1100
25	I II III	1,00 0,50 0,30	36—72	460—920
30	I II III	1,10 0,55 0,35	34—68	360—720
35	I II III	1,15 0,60 0,40	32—60	290—545

* Данные для работы без охлаждения.

37. Зенкерование отверстий в углеродистой стали ($\sigma_в$ = 60÷70 *кГ/мм²*) зенкерами из быстрорежущей стали марки Р18 *

Диаметр D в *мм*	Группа подач	Подача s в *мм/об*	Скорость резания v в *м/мин*	Число оборотов n в минуту	Диаметр D в *мм*	Группа подач	Подача s в *мм/об*	Скорость резания v в *м/мин*	Число оборотов n в минуту
8	I II III	0,40 0,30 0,20	32—50	1700—2000	35	I II III	0,90 0,70 0,50	16—22	145—200
10	I II III	0,45 0,38 0,22	32—50	1020—1600	40	I II III	1,0 0,70 0,50	12—18	95—143
12	I II III	0,50 0,35 0,25	30—48	800—1280	45	I II III	1,10 0,80 0,60	10—16	71—113
15	I II III	0,55 0,40 0,25	30—45	640—960	50	I II III	1,20 0,80 0,55	10—14	64—89

* Данные для работы без охлаждения.

Продолжение табл. 37

Диаметр *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту	Диаметр *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту
18	I II III	0,60 0,40 0,30	24—32	425—570	60	I II III	1,20 0,85 0,60	9—12	48—64
20	I II III	0,65 0,45 0,32	22—30	350—475	80	I II III	1,40 1,10 0,80	8—10	32—40
25	I II III	0,75 0,50 0,38	18—28	230—356	100	I II III	1,60 1,10 0,80	8—10	25—32
30	I II III	0,80 0,55 0,40	18—25	190—258	120	I II III	1,70 1,20 0,90	6—8	16—21

38. Зенкерование отверстий в сером (*HB* 170—229) и ковком (*HB* < 170) чугуне зенкерами из быстрорежущей стали марки Р18 *

Диаметр *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту	Диаметр *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту
8	I II III	0,45 0,30 0,25	32—40	1275—1590	35	I II III	1,10 0,80 0,60	20—26	162—236
10	I II III	0,50 0,40 0,30	30—38	956—1210	40	I II III	1,20 0,90 0,70	18—23	143—183
12	I II III	0,60 0,45 0,35	30—36	794—950	45	I II III	1,30 1,00 0,75	18—23	127—163
15	I II III	0,70 0,50 0,40	28—34	594—722	50	I II III	1,40 1,10 0,80	16—22	102—140

* Данные для работы без охлаждени

Продолжение табл. 38

Диаметр *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту	Диаметр *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту
18	I II III	0,80 0,60 0,45	25—32	440—570	60	I II III	1,50 1,20 0,90	14—20	75—106
20	I II III	0,85 0,60 0,40	25—32	400—510	80	I II III	1,70 1,40 1,0	12—18	48—64
25	I II III	0,90 0,65 0,50	24—30	306—382	100	I II III	1,80 1,50 1,10	11—17	35—54
30	I II III	1,00 0,75 0,55	22—28	234—300	120	I II III	2,00 1,60 1,20	10—16	26—42

39. Зенкерование серого (*НВ* 170—229) и ковкого (*НВ* < 170) чугуна зенкерами с пластинами твердого сплава марки ВК8 *

Диаметр сверла *D* в *мм*	Группа подач	Подача *s* в *мм/об*	Скорость резания *v* в *м/мин*	Число оборотов *n* в минуту
20	I II III	1,00 0,60 0,40	50—75	800—1120
25	I II III	1,00 0,70 0,50	52—72	660—920
30	I II III	1,20 0,80 0,70	48—68	510—720
35	I II III	1,40 1,00 0,70	46—64	416—582
40	I II III	1,60 1,00 0,70	44—60	350—480

* Данные для работы без охлаждения

40. Подачи и скорости резания при цековании и зенковании отверстий

Режимы	Разность диаметров отверстия	Диаметр отверстий (цековки, зенковки) в *мм*									
		10	12	16	20	25	32	40	60	80	100
Цекование стали с $\sigma_в$ = 70÷90 *кГ/мм²*											
Подача *s* в *мм/об*	5	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
	10	—	—	—	0,25	0,27	0,30	0,32	0,38	0,42	0,46
	20	—	—	—	—	—	0,20	0,25	0,30	0,32	0,36
Скорость резания *v* в *м/мин*	5	18	17	17	16	16	16	14	14	12	12
	10	15	16	16	14	14	14	12	12	10	10
	20	12	14	14	12	12	12	10	10	8	8
Число оборотов *n* в минуту	5	574	450	340	252	202	160	112	74	48	38
	10	480	425	320	221	178	139	95	64	40	32
	20	380	370	280	190	153	120	80	53	32	25
Цекование серого (*НВ* 170—229) и ковкого (*НВ* < 170) чугуна											
Подача *s* в *мм/об*	5	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,40	0,50	0,55	0,60
	10	—	—	—	0,25	0,27	0,30	0,32	0,40	0,45	0,50
	20	—	—	—	—	—	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Скорость резания *v* в *м/мин*	5	22	20	20	18	18	17	17	16	14	12
	10	20	18	18	17	17	16	16	14	12	10
	20	18	17	17	16	16	14	14	12	10	8
Число оборотов *n* в минуту	5	700	530	400	288	228	169	135	85	56	38
	10	640	502	358	270	216	159	127	74	48	32
	20	572	450	340	254	202	139	112	64	40	25

41. Подачи при консольном растачивании для черновой обработки стали

Вспомогательный инструмент	Глубина резания t в *мм*	Диаметр шпинделя $D_{шп}$ в *мм*: 65—90; Суммарный вылет (общий) $L_{общ}$ в *мм*: 300	65—90; 500	100—150; 500	100—150; 800
		Подача s в *мм/об*			
Расточной патрон	3	1,4	1,2	1,8	1,5
	5	1,2	1,0	1,5	1,3
	8	0,9	0,8	1,3	1,1
	12	0,6	—	1,1	0,9

Консольная оправка. Диаметр оправки в *мм*	Глубина резания t в *мм*	Вылет оправки l в *мм*: 100	200	200	300	200	300	300	500
		Подача s в *мм/об*							
30	3	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4
	5	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	—
50	3	0,9	0,8	0,7	0,6	0,9	0,8	0,7	0,6
	5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,6	0,5	0,5
70	3	1,2	1,0	0,9	0,7	1,1	1,0	0,8	0,6
	5	0,9	0,9	0,7	0,6	0,9	0,9	0,7	0,5
	8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,4
90	3	—	—	—	—	1,2	1,1	1,0	0,9
	5	—	—	—	—	1,0	1,0	0,9	0,8
	8	—	—	—	—	0,9	0,9	0,7	0,7
	12	—	—	—	—	0,8	0,7	0,6	0,6
120	3	—	—	—	—	0,3	1,2	1,1	0,9
	5	—	—	—	—	1,2	1,1	0,9	0,8
	8	—	—	—	—	1,1	1,0	0,8	0,7
	12	—	—	—	—	1,0	0,8	0,7	0,6

42. Подачи при консольном растачивании для черновой обработки чугуна

Вспомогательный инструмент	Глубина резания t в *мм*	Диаметр шпинделя $D_{шп}$ в *мм*: 65—90; Суммарный вылет (общий) $L_{общ}$ в *мм*: 300	65—90; 500	100—150; 500	100—150; 800
		Подача s в *мм/об*			
Расточной патрон	3	2,2	2,0	2,6	2,5
	5	2,0	1,8	2,5	2,4
	8	1,7	1,5	2,4	2,1
	12	1,4	1,2	2,2	1,8

Консольная оправка. Диаметр оправки в *мм*	Глубина резания t в *мм*	Вылет оправки l в *мм*: 100	200	200	300	200	300	300	500
		Подача s в *мм/об*							
30	3	0,9	0,8	0,7	0,6	0,9	0,7	0,6	0,5
	5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	—
50	3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,6	1,5	1,4	0,9
	5	1,2	1,1	1,0	0,9	1,4	1,3	1,2	0,7
70	3	1,9	1,8	1,6	1,5	2,0	1,9	1,8	1,5
	5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,7	1,6	1,5	1,3
	8	1,4	1,4	1,2	1,0	1,5	1,3	1,2	1,0
90	3	—	—	—	—	2,1	2,0	1,9	1,7
	5	—	—	—	—	1,9	1,8	1,7	1,5
	8	—	—	—	—	1,7	1,6	1,5	1,3
	12	—	—	—	—	1,4	1,3	1,2	0,8
120	3	—	—	—	—	2,2	2,1	2,0	1,8
	5	—	—	—	—	2,0	1,9	1,8	1,6
	8	—	—	—	—	1,8	1,7	1,6	1,4
	12	—	—	—	—	1,5	1,4	1,3	1,1

43. Подачи при растачивании с двухопорной борштанги на горизонтально-расточных станках для стали и чугуна

Глубина резания t в *мм*	Диаметр борштанги в *мм*											
	65			90			125			150		
	Вылет борштанги в *мм*											
	1000	1500	2500	1500	2500	4000	1500	2500	4000	2000	3000	4500
	Подача s в *мм/об*											
Обработка стали												
3	1,2	1,0	0,8	1,3	1,0	0,7	1,4	1,2	1,0	1,5	1,4	1,2
5	1,0	0,8	0,6	1,1	0,9	0,6	1,2	1,1	0,9	1,3	1,2	1,0
8	0,8	0,6	0,4	0,8	0,7	0,4	1,0	0,9	0,7	1,1	1,0	0,8
12	0,5	—	—	0,6	—	—	0,7	0,6	0,5	0,8	0,8	0,6
20	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	0,6	0,6	—
Обработка чугуна												
3	1,5	1,3	1,1	1,6	1,4	1,1	1,8	1,6	1,3	1,9	1,7	1,5
5	1,3	1,1	0,9	1,4	1,2	0,9	1,6	1,4	1,1	1,7	1,5	1,3
8	1,1	0,8	0,7	1,2	1,0	0,7	1,4	1,2	0,9	1,5	1,3	1,1
12	0,8	—	—	1,0	0,7	0,5	1,1	0,9	0,7	1,2	1,1	0,8
20	—	—	—	—	—	—	0,8	0,6	—	1,1	0,9	0,6

44. Растачивание отверстий в углеродистой стали ($\sigma_в = 60 \div 70$ *кГ/мм²*) резцами из быстрорежущей стали марки Р18

Подача s в *мм/об*	Черновая обработка					Подача s в *мм/об*	Получистовая обработка			
	Глубина резания t в *мм*						Глубина резания t в *мм*			
	3	5	8	12	16		1,0	1,5	2,0	2,5
	Скорость резания* v в *м/мин*						Скорость резания v в *м/мин*			
0,15	50	44	38	35	33	0,10	70,0	64,0	59,0	56,0
0,20	43	38	33	30	28	0,15	58,0	52,0	48,0	46,0
0,25	38	34	30	27	25	0,20	50,0	45,0	42,0	40,0
0,30	34	30	27	24	22	0,25	45,0	40,0	38,0	35,0
0,40	28	24	22	20	18	0,30	40,0	36,0	33,0	31,0
0,50	24	21	19	17	16	0,40	32,0	30,0	27,0	26,0
0,60	21	19	17	15	14	0,50	—	25,0	23,0	22,0
0,80	18	16	14	13	12	0,60	—	—	21,0	20,0
1,00	—	13	12	11	10	0,70	—	—	19,0	18,0
1,20	—	12	11	10	9					
1,4	—	11	10	9	8					

* Значения скоростей резания даны при работе без охлаждени

45. Растачивание отверстий в чугуне (*НВ* 180—200) резцами, оснащенными твердым сплавом марки ВК8

Подача *s* в *мм/об*	Черновая обработка					Подача *s* в *мм/об*	Получистовая обработка			
	Глубина резания *t* в *мм*						Глубина резания *t* в *мм*			
	3	5	8	12	16		1,0	1,5	2,0	2,5
	Скорости резания * *v* в *м/мин*						Скорость резания *v* в *м/мин*			
0,15	94	88	83	79	75	0,1	116	112	106	100
0,20	88	88	78	74	71					
0,25	85	79	74	71	68	0,15	108	104	100	96
0,30	81	76	72	68	65					
0,40	77	72	62	59	56	0,20	102	98	93	90
0,50	70	63	58	53	50					
0,60	65	59	53	50	47	0,25	96	94	89	85
0,80	58	52	47	44	41					
1,20	—	48	44	40	38	0,30	94	90	86	80
1,40	—	45	40	37	35					
1,60	—	42	38	36	33	0,40	90	85	82	74

* Значения скоростей даны для работы без охлаждения.

46. Значения поправочных коэффициентов на скорость резания в зависимости от размеров расточной оправки или борштанги при расточке резцами из быстрорежущей стали Р18

Диаметр оправки в *мм*	Вылет оправки в *мм*							
	150	200	300	400	500	600	700	800
30	0,85	0,75	0,60	0,50	—	—	—	—
40	0,90	0,85	0,70	0,60	0,50	—	—	—
50	0,95	0,90	0,85	0,70	0,60	0,50	—	—
60	—	0,95	0,90	0,85	0,70	0,60	0,50	0,40
70	—	—	0,95	0,90	0,85	0,70	0,60	0,50
80	—	—	—	0,95	0,90	0,85	0,70	0,60
90	—	—	—	—	0,95	0,90	0,85	0,70
100	—	—	—	—	—	0,95	0,90	0,85

Диаметр борштанги в *мм*	Расстояние между опорами борштанги в *мм*						
	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
50	0,50	0,40	—	—	—	—	—
60	0,60	0,55	0,50	0,40	—	—	—
70	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40	—	—
80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,45	—
90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,45
100	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55

47. Значения поправочных коэффициентов на скорость резания в зависимости от размера расточной оправки или борштанги при расточке резцами, оснащенными пластинками твердого сплава

Диаметр оправки в *мм*	Поправочные коэффициенты при вылете оправки в *мм*									
	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
30	0,45	0,40	0,35	—	—	—	—	—	—	—
40	0,55	0,45	0,40	0,35	—	—	—	—	—	—
50	0,60	0,50	0,45	0,40	0,35	—	—	—	—	—
60	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	—	—	—	—
70	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	—	—	—
80	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	—	—
90	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	—
100	—	0,85	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35

Диаметр борштанги в *мм*	Расстояние между опорами борштанги в *мм*					
	1000	1500	2000	2500	3000	3500
50	0,30	—	—	—	—	—
60	0,35	0,30	—	—	—	—
70	0,40	0,35	0,30	—	—	—
80	0,50	0,40	0,35	0,30	—	—
90	0,55	0,50	0,40	0,35	0,30	—
100	0,60	0,55	0,50	0,40	0,35	0,30

48. Значения поправочных коэффициентов на скорость резания в зависимости от обрабатываемости материала

Обрабатываемый материал	Предел прочности на растяжение $\sigma_в$ в *кГ/мм²*	*HB*	Значение поправочного коэффициента
Углеродистая сталь	30—40 40—50 50—60	—	1,90 1,70 1,30
Серый чугун	—	140—160 160—180	1,50 1,25

49. Значения поправочных коэффициентов на скорость резания в зависимости от состояния заготовки

Обработка нормально отожженной отливки	Обработка по чистой корке	Обработка по загрязненной корке (автогенной резке)
1,0	0,80	0,55

50. Значения поправочных коэффициентов на скорость резания в зависимости от марки твердого сплава резца

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Марка твердого сплава				
		Т5К10	Т15К6	ВК8	ВК6	ВК3
Стальное литье	Черновая Чистовая	1,0 0,65	— 1,0	—	—	—
Чугун	Черновая Чистовая	—	—	1,0	1,2	— 1,3

51. Значения поправочных коэффициентов на скорость резания в зависимости от главного угла в плане

Обрабатываемый материал	Главный угол в плане φ°	Значение поправочного коэффициента
Сталь углеродистая, хромистая и хромоникелевая Стальное литье	60 75 90	1,0 0,93 0,88
Серый чугун	60 75 90	1,0 0,94 0,83

52. Скорость резания при развертывании стали

Класс точности	Чистота поверхности	Класс точности	Чистота поверхности	Скорость резания в *м/мин*
2	∇6 ∇5	2а	∇7 ∇6	1,5—3 4—5
3	∇5 ∇4	4	∇6 ∇5	4—8 9—16

Примечание. При развертывании нормализованной стали применять скорости резания, близкие к верхним пределам, а при развертывании улучшенной и вязкой стали — близкие к нижним пределам.

53. Скорость резания при развертывании чугуна

Класс точности	Скорость резания v в *м/мин*	Чистота поверхности		
		при обработке чугуна без охлаждения	при обработке серого чугуна с керосином	при обработке ковкого чугуна с эмульсией
2 и 2а 3 и 4	7—11 12—16	∇5, ∇6	∇7, ∇8	∇6, ∇7

Примечание. Для разверток из твердого сплава применять скорости резания 25—40 *м/мин*.

54. Скорости резания при нарезании резьбы машинными метчиками в стали

Диаметр нарезаемой резьбы в *мм*	Шаг резьбы в *мм*						
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3
	Скорость резания в *м/мин*						
3—6	6	7	8	—	—	—	
8—10	7	8	9	9	10		—
12—16	8	9	10	10	11	11	
18—24	9	10	11		13	13	12
27 и более	—	11	12	—	14		13

Примечание. В зависимости от обрабатываемого материала скорость резания умножать на соответствующий коэффициент по табл. 26.

55. Значение поправочного коэффициента на скорость резания при нарезании резьбы в зависимости от марки обрабатываемой стали

Сталь углеродистая					Сталь легированная	
30, 45, 40 нормализованная	Улучшенная	А12, А20	8,10	15, 20	Нормализованная	Улучшенная
1	0,85	1,15	0,7	0,9	0,85	0,7

Примечания: 1. Значения скорости резания даны для нарезания резьбы 2-го класса точности. Для резьб 1-го класса точности скорости резания уменьшать на 20%.

2. Для неответственных резьб табличные значения скорости резания увеличивать на 10—20%.

56. Скорость резания при нарезании резьбы машинными метчиками в чугуне

Диаметр нарезаемой резьбы в *мм*	Шаг резьбы в *мм*						
	0,5	0,8	1	1,25	1,5	2	3
	Скорость резания в *м/мин*						
3—6	7	8	9	—	—	—	—
8—10	8	9	10	10	11	—	—
12—16	9	10	11	11	12	12	—
18—24	10	11	12	—	14	14	13
27 и более	—	12	13	—	15		14

Примечания: 1. Скорости резания даны для нарезания резьб 2-го класса точности в сером чугуне. При нарезании резьбы 1-го класса точности эти значения уменьшать на 20%.

2. Для неответственных резьб скорости резания увеличивать на 20%.

3. При обработке ковкого чугуна — умножать на 1,2.

57. Подачи и скорости резания при фрезеровании плоскостей торцовыми фрезами из быстрорежущей стали марки Р18

Степень жесткости системы станок — инструмент — деталь	Фрезы с крупным зубом и вставными ножами		Фрезы с мелким зубом	
	Подача на 1 зуб s_z в *мм*			
	Обрабатываемый материал			
	Сталь	Чугун	Сталь	Чугун
Повышенная Средняя Пониженная	0,08—0,15 0,06—0,10 0,04—0,06	0,20—0,40 0,15—0,25	0,06—0,10 0,04—0,08 0,04—0,06	0,15—0,30 0,1—0,2
Скорость резания в *м/мин*	40	45	45	50

Примечание. Наименьшие значения подач использовать при получистовом фрезеровании.

58. Подачи и скорости резания при фрезеровании стали и чугуна торцовыми фрезами, оснащенными пластинками твердого сплава

Обрабатываемый материал	Скорость резания v в *м/мин*	Подача s_z в *мм*	Глубина резания t в *мм*	Ширина фрезерования B в *мм*
Сталь Чугун	170—250 90—130	0,06—0,2 0,08—0,4	2—7	(0,4—0,7) D

Примечание. D — диаметр торцовой фрезы. Наименьшие значения s_z использовать при получистовом фрезеровании.

При выборе скоростей резания необходимо учитывать некоторые факторы, влияющие на режимы резания. Такими факторами являются: размеры расточных оправок или борштанг, обрабатываемость материала, состояние поверхности обрабатываемого материала и величина главного угла в плане применяемого резца.

Для того чтобы учесть указанные факторы, нужно выбранную по табл. 44 и 45 скорость умножить на соответствующие поправочные коэффициенты, приведенные в табл. 46—58.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ НА АЛМАЗНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

В условиях массового и крупносерийного производства качество подготовки деталей в обработке на алмазно-расточных станках определяется техническим уровнем технологических операций, выполняемых в качестве предварительных.

На качество растачивания прямым образом влияет качество обработки базовых плоскостей, величина припусков и равномерное распределение их по всей обрабатываемой поверхности (табл. 59).

59. Рекомендуемые припуски для тонкого растачивания

Диаметр обрабатываемого отверстия в *мм*	До 20	20—30	30—100	Св. 100
Величина припуска на диаметр в *мм*	0,20	0,25	0,30—0,40	0,40—0,50

Если припуск распределен по обрабатываемой поверхности неравномерно, вследствие смещения или перекоса оси предварительно обработанного отверстия, то это может сказаться на точности формы окончательно обработанного отверстия, так как тонкое растачивание ведется за один проход.

В подготовке деталей для обработки на алмазно-расточном станке необходимо учитывать еще и стабильность величины припуска. Резкие отклонения в величине припуска в одной и той же партии детали приводят к затруднениям получения стабильности в величине и форме обрабатываемых отверстий.

Отличительной особенностью тонкого растачивания является применение высоких скоростей резания при незначительных подачах (табл. 60). В этих условиях очень важное значение имеет жесткость системы шпиндель—инструмент—приспособление—деталь. Исключение возможности возникновения вибраций обеспечивает при соответствующем выборе инструмента высокое качество размеров, формы и чистоты поверхности растачиваемых отверстий.

60. Рекомендуемые режимы резания для тонкого растачивания

Обрабатываемый материал	Материал резца			
	Твердый сплав		Алмаз	
	Скорость резания в *м/мин*	Подача в *мм/об*	Скорость резания в *м/мин*	Подача резания в *мм/об*
Алюминиевые сплавы	200—400	0,03—0,08	400—1000	0,02—0,08
Антифрикционные сплавы	300—600	0,03—0,10		0,02—0,05
Бронза	250—500		400—600	
Чугун	100—200	0,05—0,15	—	—
Сталь	150—300			

Растачивание на алмазно-расточных станках чаще всего производится без охлаждения. Иногда для лучшего отвода стружки применяют охлаждающие жидкости (эмульсии). В этом случае надо следить, чтобы подача охлаждающей жидкости была непрерывной во избежание появления трещин и выкрашивания режущих кромок резцов.

РАБОТА НА КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Установка деталей и приспособлений на станках

Для обеспечения надежного закрепления детали на станке и недопущения деформации необходимо соблюдать следующие правила:

1. Перед установкой детали на станок следует мелкозернистым прямоугольным оселком (бруском) слегка зачистить установочную базовую плоскость детали, плоскость стола станка, а также используемые для установки параллельные или мерные подкладки.

2. Перед закреплением следует проверить щупом (0,02—0,03 *мм*) наличие зазоров между опорной плоскостью детали и подкладкой, а также плоскостью стола и подкладкой. В случае наличия превышающих зазоров необходимо устранить причину возникновения их (попадение грязи или стружки, неплоскостность опорной поверхности детали и др.).

3. Определить места закрепления с учетом максимального их удаления друг от друга, полного прилегания опорной плоскости детали к плоскости параллельных или мерных подкладок и размещением прижимных планок точно над подкладками.

4. Высота ступенчатой подставки или винтовой опоры (домкрата) должна быть равной или несколько большей (0,5—1,0 *мм*) высоты места прижима детали. Плечо прижимной планки со стороны подставки или домкрата должно быть большим, чем противоположное от винта.

5. В случае необходимости, для предохранения от возможных сдвигов детали во время обработки, следует устанавливать дополнительные боковые опоры.

6. Количество затяжных болтов должно быть достаточным для надежного закрепления детали. Установка меньшего количества крепежных болтов и попытки компенсировать надежность крепления увеличением усилия затяжки гаек приводят к деформации детали и стола станка, а иногда к вырыву полки Т-образного паза.

7. Когда деталь имеет недостаточное количество опорных плоскостей или когда опорные плоскости отнесены от мест обработки, следует подводить дополнительные опоры в виде подставок и домкратов. Деформация при креплении прижимными планками на дополнительные опоры должна контролироваться с помощью индикатора.

8. При установке деталей коробчатой формы или тонкостенных конструкций следует контролировать возникновение деформации детали при зажиме с помощью индикатора, устанавливаемого к одной или нескольким точкам закрепляемой детали.

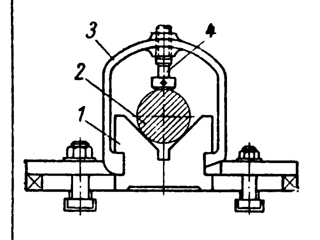
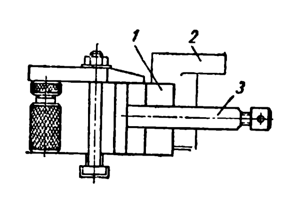
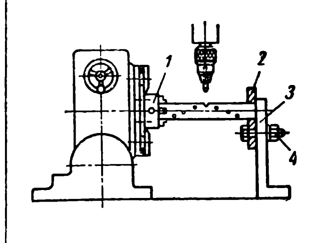
Способы крепления деталей на станках приведены в табл. 61.

Установить деталь на координатно-расточном станке это значит придать ей такое положение, при котором можно легко производить отсчет координат от выбранных баз в заданных направлениях.

61. Специальные способы крепления деталей на координатно-расточных станках

Эскиз	Краткое описание способа закрепления детали
	Стандартный, новый трехкулачковый токарный патрон *1* привертывают винтами к специально изготовленной планшайбе *2*. Планшайбу крепят к столу прижимными планками *4* с помощью винта с гайкой *5* и опоры *6*. Кулачки патрона перемещают вращением ключа, вставляемого в квадратные гнезда *3*
	Способ закрепления детали при помощи штырей *2*, вставляемых в боковые отверстия детали *1*, применяется в случаях, когда деталь не имеет боковых выступов или окон, а верхняя плоскость должна быть вся открытой для обработки
	Способ закрепления, при котором верхняя поверхность детали остается открытой для сквозного фрезерования. Для закрепления используют имеющееся ступенчатое отверстие в середине детали *2*. В резьбовое отверстие планки *5*, которая закреплена к столу прижимными планками *4*, ввертывают резьбовые шпильки *6*. Подлежащую обработке деталь *2* устанавливают на мерные подкладки *3* и закрепляют специальным прижимом *1*. Так как в этом случае места прижима не находятся над подкладками, такой способ применим только при достаточно жесткой детали
	Способ, при котором повышается жесткость крепления детали, используется при обработке нежестких сварных конструкций. Повышение жесткости достигается за счет установки на стол станка угольника *4* и закрепления к нему с помощью струбцины *3* и регулируемых опор *5* обрабатываемой детали *1*. Индикатором *2* контролируется возможная деформация детали при закреплении

Продолжение табл. 61

Эскиз	Краткое описание способа закрепления детали
	Детали типа диска удобно растачивать на специальной оправке *1*, устанавливаемой в отверстии поворотного стола. Деталь *2* отверстием насаживают на цилиндрический выступ оправки и прижимают к заплечику *А* винтом *3* через съемную шайбу *4*. При выполнении концентричности посадочного диаметра и конуса оправки, деталь по контуру можно не выверять. Способ удобен при растачивании партии одинаковых деталей
	Способ закрепления цилиндрических деталей в призме. Расточка отверстий в нескольких плоскостях возможна при установке призмы на универсальном поворотном столе. Деталь *2* устанавливают цилиндрической частью в призму *1* и прижимают винтом *4* хомутика *3*
	Деталь *2* закрепляют в призме *1* хомутиком *3*. Призму с помощью прижимного комплекта крепят к столу станка. Способ удобен при обработке партии одинаковых деталей, так как установочная выверка последующих деталей или ограничена одним параметром или не требуется совсем
	Способ установки цилиндрических деталей, в которых растачиваемые отверстия расположены по спирали. В трехкулачковый патрон *1*, установленный по центру вращения универсального поворотного стола, вставлена цилиндрическая деталь, второй конец которой входит в отверстие специальной планки *2*, закрепленной на угольнике *3* винтом *4*

Продолжение табл. 61

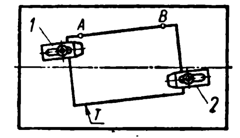
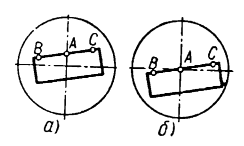
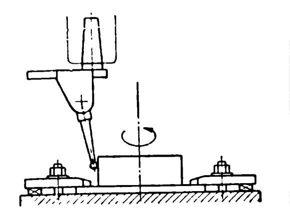
Эскиз	Краткое описание способа закрепления детали
А-А; I; А	Установка детали по буртику, находящемуся с противоположной стороны от растачиваемых отверстий. Торцом фланца *А* деталь ставят на 4—6 мерных подкладок, боковая сторона каждой из них подается до упора в цилиндр буртика. При прижиме мерных подкладок к столу проверяют щупом отсутствие зазора. После осторожного снятия детали с подкладок шпиндель станка с помощью индикаторного центроискателя устанавливают по центру расположения закрепленных подкладок. Положение шпинделя при таком способе установки, будет сцентрировано с осью базового буртика. Точность установки до 0,03 *мм*. Для более точной установки такой детали, в специально изготовленной плите и установленной на столе станка, растачивается отверстие под плотную посадку буртика. Иногда растачиваются четыре отверстия, расположенные под углом 90° и в них впрессовываются шпильки. Расстояние между шпильками соответственно равно диаметру буртика
D; 3; 2; 1; А	Способ закрепления деталей, у которых опорная базовая поверхность находится со стороны обрабатываемого отверстия. Деталь *1* устанавливают на наклонную плоскость *А* приспособления и на штифты *3* ранее обработанными отверстиями. Закрепляется деталь винтовым прижимом *2*. Приспособление выверяется на станке совмещением оси шпинделя с осью отверстия *Д*, расточенным в единой системе отверстий под штифты и вспомогательного отверстия. Приспособление целесообразно применять при обработке партий одинаковых деталей

Установка обрабатываемой детали в зависимости от конфигурации ее, заданных параметров обработки и других особенностей может быть произведена на столе станка, горизонтальном поворотном или универсальном поворотном столах. В каждом из этих случаев имеются свои приемы установки и выверки деталей. До установки детали на горизонтальном поворотном столе или универсальном поворотном столе в большинстве случаев следует найти центр стола, т. е. совместить ось вращения шпинделя и ось вращения плиты стола.

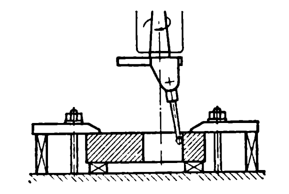
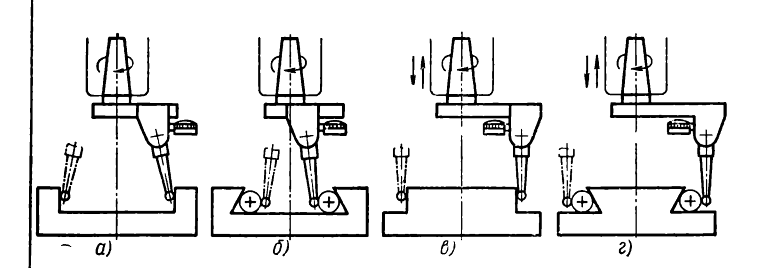
Установленные на круглые (нулевые) числа отсчетные устройства и будут являться в последующем так называемым началом координат.

В табл. 62 приводятся основные методы установки и выверки деталей на координатно-расточных станках.

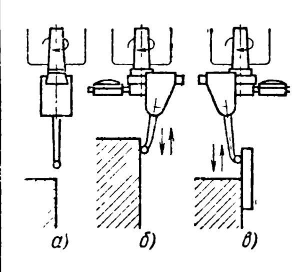
62. Методы установки и выверки деталей

Установка и эскиз	Метод установки и выверки
1. Выверка параллельности боковой стороны детали относительно направления движения стола 	Установленная на параллельные подкладки деталь слегка притягивается прижимными планками. Лапка установленного в шпинделе индикаторного центроискателя подводится в соприкосновение с боковой плоскостью детали в точке *A*, и делается небольшой натяг. Перемещая стол (или шпиндельную бабку) и наблюдая за отклонением стрелки индикатора, легким пристукиванием в точке *T* добиваются параллельности боковой стенки, перемещая лапку индикатора от точки *A* до точки *B* и обратно. Выверка детали облегчается, если винт прижимной планки *1* затянуть несколько сильнее, чем винт планки *2*. Молоток для указанной цели следует применять из красной меди
2. Выверка параллельности боковой стороны детали, установленной на горизонтальном поворотном столе, относительно направления движения станка 	Лапка индикаторного центроискателя подводится к боковой стороне детали в точке *A*, и делается небольшой натяг. Переместив деталь со столом (или шпиндельную бабку) до перемещения лапки индикатора в точку *C*, определяют величину отклонения стрелки индикатора. Далее, поворачивая плиту стола, уменьшают отклонение на половину первоначального, а повторяя перемещение в точку *B*, вводят дополнительную поправку. Выверка детали упрощается, если боковая сторона проходит через центр вращения стола или близко к нему (эскиз *б*)
3. Установка детали отверстием или наружным диаметром по центру вращения горизонтального или универсального поворотного стола 	Вначале с помощью индикаторного центроискателя ось вращения шпинделя совмещают с центром вращения плиты стола (при выполнении этой операции на универсальном поворотном столе необходимо предварительно проверить горизонтальность плиты стола по индикатору). Далее слегка закрепляют прижимными планками деталь или трехкулачковый токарный патрон с круглой деталью, предварительно выверив положение детали относительно оси вращения стола. Контроль за предварительным положением осуществляют по величине зазора между лапкой центроискателя и отверстием (цилиндром) при круговом повороте стола.

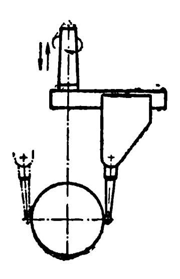
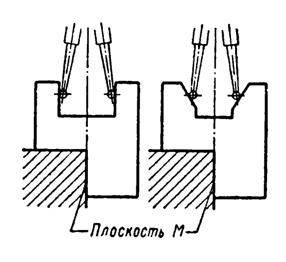
Продолжение табл. 62

Установка и эскиз	Метод установки и выверки
3. Установка детали отверстием или наружным диаметром по центру вращения горизонтального или универсального поворотного стола (эскиз см. на пол. 218)	Затем, подводя лапку центроискателя в соприкосновение со стенкой отверстия (наружным диаметром) детали и вращая стол, находят точку минимального отклонения стрелки и подводят к ней нулевое деление циферблата. Повернув стол на 180°, находят максимальное отклонение стрелки. После вводят поправку на половину отклонения легким пристукиванием молотком по детали (патрону). Проверку и ввод соответствующих поправок производят неоднократно, пока не прекратится отклонение стрелки индикатора
4. Совмещение оси шпинделя с центром отверстия 	Закрепив окончательно деталь на столе, лапку индикаторного центроискателя вводят в край отверстия с зазором 3—5 *мм*, затем, поворачивая шпиндель, замечают величину зазора в четырех положениях (через 90°) и делают поправку. Когда зазор между стенкой отверстия и лапкой индикатора будет примерно равным, лапку подводят в соприкосновение со стенкой отверстия за счет перемещения каретки центроискателя и производят выверку по способу, описанному в пункте 3, с той лишь разницей, что поправки вводят за счет перемещения бабки шпинделя (стола) станка, а не детали на столе
	
5. Совмещение оси шпинделя с серединой паза или выступа	Если деталь устанавливается на продольном столе станка, то до окончательного закрепления ее производят выверку параллельности по одной из стенок паза, если же деталь ставят на горизонтальный или универсальный поворотный стол, то выверку параллельности производят после окончательного закрепления поворотной плиты стола.

Продолжение табл. 62

Установка и эскиз	Метод установки и выверки
5. Совмещение оси шпинделя с серединой паза или выступа (эскиз см. на стр. 219)	После выверки параллельности паза относительно направления движения стола (шпиндельной бабки) лапку индикаторного центроискателя, сдвинутую по миллиметровой шкале на половину ширины паза, производят проверку по зазору, поворачивая шпиндель на 180°. Далее выверку ведут по способу, указанному в пункте 4. Совмещение центра вращения шпинделя с серединой выступа производится аналогично, но надо иметь в виду, что отклонения стрелки индикатора при вращении будет идти в плюс, следовательно, лапку центроискателя надо каждый раз выводить из соприкосновения со стенкой выступа, поднимая пиноль шпинделя. Выверку по пазу или выступу типа ласточкина хвоста делают так же, только к стенкам углового паза или выступа кладут цилиндрические валики, как показано на рис. *б* и *г*
6. Совмещение оси вращения шпинделя с боковой плоскостью  	Повернув шпиндель с закрепленным в нем индикаторным центроискателем в положение, показанное на рис. *а*, отводят каретку центроискателя и опускают пиноль шпинделя, как показано на рис. *б*. Сделав натяг стрелки индикатора за счет перемещения центроискателя и установив циферблат в нулевое положение, выводят лапку из соприкосновения с плоскостью, поворачивают шпиндель на 180°, а к плоскости прикладывают пластинку и замечают отклонение стрелки индикатора (рис. *в*). Далее вводят поправку на половину отклонения стрелки индикатора. Следует иметь в виду, что при небольшом повороте в обоих положениях стрелка будет иметь плюсовые отклонения, меньшее из которых и является сравниваемой величиной. Проверка и введение поправки повторяются несколько раз до получения одинакового минимального отклонения стрелки. Это положение шпинделя и будет точно соответствовать совмещению оси его с заданной боковой плоскостью. Ось вращения шпинделя с боковой плоскостью детали можно совмещать с помощью визирного микроскопа, щупа и специальной оправки

Продолжение табл. 62

Установка и эскиз	Метод установки и выверки
7. Установка оси вращения шпинделя по оси вала 	Индикаторный центроискатель, установленный в шпинделе станка, повертывают в положение, когда направление движения лапки совпадет с продольной осью вала. В этом случае шпиндель перемещают до середины вала и далее, повернув центроискатель на 90° и опуская пиноль шпинделя, за счет каретки центроискателя лапку подводят до соприкосновения с образующей цилиндра. Опуская и поднимая пиноль, по индикатору определяют наивысшую точку, а поворачивая шпиндель, замечают минимальное отклонение стрелки и ставят циферблат в нулевое положение. Подняв затем пиноль шпинделя, повертывают его на 180° и таким же приемом находят наивысшую точку и минимальное отклонение стрелки. Так повторяют несколько раз, пока минимальные отклонения стрелки в обеих наивысших точках не будут совершенно одинаковыми. Несколько труднее производить подобную выверку в случае, когда вал расположен под углом к оси шпинделя, не равным 90°. Сложность состоит в отыскании наивысшей точки и минимального отклонения стрелки, а в остальном прием выверки остается прежним
8. Совмещение оси вращения шпинделя с боковой плоскостью при помощи установочной призмы 	Специальную призму прикладывают к плоскости детали плоскостью *М*. Перемещая шпиндель или стол, лапку индикаторного центроискателя ставят примерно по центру призмы, а затем за счет каретки центроискателя, повернув последний на 90°, лапку подводят до соприкосновения с плоскостью призмы. В дальнейшем выверку производят приемом, приведенным в пункте 5

Факторы, влияющие на точность обработки

Точность обработки отверстий в деталях на координатно-расточных станках зависит от погрешностей, допущенных при изготовлении станка, появившихся в результате износа или разрегулировки отдельных элементов в процессе эксплуатации станка, допускаемых в процессе обработки детали.

Точность обработки детали характеризуется следующими основными параметрами:

точностью расстояний между осями расточенных отверстий и их расположения относительно базы;

степенью взаимной параллельности осей системы отверстий и точностью их угловых положений относительно опорной плоскости деталей;

точностью размеров и формы обработанных отверстий.

Точность расстояний между осями отверстий и расположения их относительно баз зависит от следующих факторов:

точности отсчетно-измерительной системы станка;

от прямолинейности перемещений стола и салазок;

величины погрешности во взаимной перпендикулярности направлений перемещения стола и салазок;

величины износа направляющих стола и салазок;

тепловых деформаций станка и обрабатываемой детали;

случайных погрешностей: неплавность медленных перемещений стола и салазок, неравномерность масляного слоя на направляющих, смещений при зажиме подвижных органов станка, визуальные погрешности при пользовании отсчетно-измерительными устройствами и т. д.

Взаимная параллельность осей системы отверстий и точность их угловых положений относительно опорной плоскости детали зависит от следующих факторов:

прямолинейности перемещений пиноли шпинделя, шпиндельной бабки и траверсы у двухстоечных станков;

погрешностей в перпендикулярности направления движения пиноли шпинделя, шпиндельной бабки и вертикальных направляющих двухстоечных станков относительно плоскости стола;

величины износа пиноли шпинделя;

величины износа вертикальных направляющих двухстоечных станков;

наличия радиальных люфтов шпинделя.

Точность исполнения размеров и формы обрабатываемых отверстий во многом зависит от квалификации расточника. Для обеспечения точности размера и формы отверстия надо уметь правильно определять последовательность переходов, величины припусков на каждый переход, режимы резания, форму и заточку резца (развертки) и величины вылета инструмента и пиноли шпинделя.

На степени круглости отверстия также сказывается износ подшипников шпинделя и жесткость системы станок—инструмент—деталь.

Отклонения от цилиндричности отверстия связаны с прямолинейностью движения пиноли шпинделя во время обработки, величиной износа инструмента, а для глубоких отверстий — жесткостью системы шпиндель—инструмент и периодом стойкости инструмента.

На качестве обработанной поверхности непосредственно сказываются жесткость технологической системы и возникающие вибрации в процессе обработки.

Жесткость технологической системы. Технологическая система станок—приспособление—инструмент—деталь (СПИД) во время работы находится под нагрузкой и деформируется.

Величина упругих отжатий влечет за собой ухудшение качества обработки. Степень отжатий зависит от выбранных режимов резания, величины припусков на обработку, обрабатываемости материала, качества заточки инструмента, толщины и длины оправок или борштанг и, наконец, от жесткости применяемого приспособления и самого станка.

Жесткостью технологической системы СПИД называется способность узлов этой системы сопротивляться возникновению упругих отжатий.

Жесткость определяется отношением нагрузки (силы), действующей в направлении деформации, к величине деформации (отжатию), замеренной в том же направлении, и выражается формулой

$$j = \frac{P_y}{y} \ кГ/мм,$$

где j — жесткость в *кГ/мм*;

P_y — нагрузка (составляющая силы резания, действующая в направлении деформации);

y — величина деформации в направлении силы P_y.

Жесткость технологической системы СПИД не одинакова в различных точках по глубине обрабатываемого отверстия. Это связано, например, с величиной вылета шпинделя. Чем больше вылет шпинделя, тем меньше жесткость.

Наиболее слабым звеном, с точки зрения жесткости, в технологической системе СПИД являются оправки, особенно при консольном растачивании глубоких отверстий.

С увеличением длины и уменьшением диаметра оправки жесткость снижается.

Жесткость станка зависит от жесткости его узлов.

Под нагрузкой деформируются не только детали узлов станка, но и стыки между деталями. Деформации в стыках и оправках часто значительно превышают деформации самих деталей.

Жесткость станков определяют при помощи динамометров и индикаторов в соответствии с ГОСТом 7035—54.

Причины возникновения и способы устранения возникающих вибраций. Вибрациями называют упругие колебания, которые возникают при обработке изделий.

Эти вибрации образуются в основном трех родов: вибрации, передающиеся от рядом стоящих механизмов, станков и т. п.; вибрации, возникающие в процессе действия механизмов самого станка, и вибрации, возникающие в процессе резания.

Вибрации, передающиеся извне, могут устраняться рациональным размещением оборудования внутри цеха и завода в целом; иначе говоря, оборудование с ударными действиями (молоты, ковочные машины, машины для высадки, компрессоры и т. д.) не должны устанавливаться в зоне точного расточного оборудования. Кроме того, имеется ряд способов, позволяющих изолировать станки от таких вибраций.

На рис. 13 показана пружинная виброизолирующая опора. Она состоит из верхней части *2* опоры, на которую устанавливается основание

станины *3*, крепежного винта *4* с контргайкой *5*, упругой плиты *6*, пружин *7*, кожуха *8* и основания *9* опоры.

На рис. 14 приведен пример круглых резино-металлических опор. Способы установки различных типов таких опор показаны на рис. 15.

Вибрации, происходящие в процессе действия механизмов самого станка, возникают по многим различным причинам. Они зависят от жесткости станка и его элементов, а также от технического состояния станка. Причины возникновения некоторых вибраций на станке модели 262-Г и способы их устранения приведены в табл. 7 главы 2.

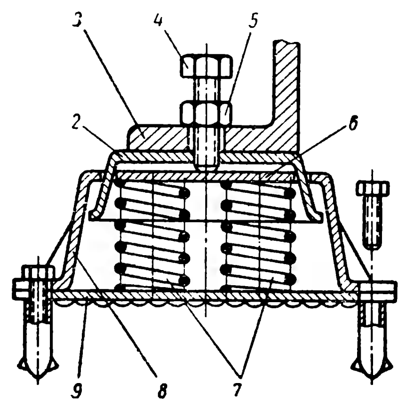


Рис. 13. Пружинная виброизолирующая опора

Вибрации, возникающие в процессе резания, зависят также от многих причин. Влияние на возникновение вибрации в процессе резания оказывают жесткость выбранного инструмента, например: длина и толщина оправок или борштанг, величина вылета шпинделя, консольной оправки, резца и величина припуска на обработку. Рекомендации по выбору этих параметров приведены выше, в табл. 2, 3, 4, 12, 13, 14, 15.

Особое влияние на возникновение этих вибраций оказывают и некоторые элементы формы резца, основными из которых являются величина главного угла в плане φ и переднего угла γ.

Уменьшение главного угла в плане φ вызывает увеличение ширины стружки, что часто приводит к возникновению вибраций. Главный угол в плане φ, если он находится в пределах 90—75°, не оказывает существенного влияния на возникновение вибраций, но если этот угол ближе к 45° и менее, то возникаемые вибрации заметно усиливаются.

Уменьшение переднего угла резца также приводит к усилению возникающих вибраций. Практически угол должен быть близким к 8—10°, но это не всегда возможно. Зависимость между передним углом и жесткостью системы СПИД такая: чем меньше жесткость системы, тем больше должен быть угол γ.

Увеличение радиуса закругления угла при вершине резца ведет к усилению вибраций.

На ослабление возникновения вибраций оказывают влияние уменьшение заднего угла при обдирочном и получистовом растачивании, а также увеличение подачи и уменьшение глубины резания.

В некоторых случаях для предотвращения возникновения вибраций можно применять специальные виброгасители.

Виброгаситель РВГ-1 (рис. 16) применяют при растачивании глухих отверстий, а виброгаситель РВГ-2 (рис. 17) — при растачивании сквозных отверстий.

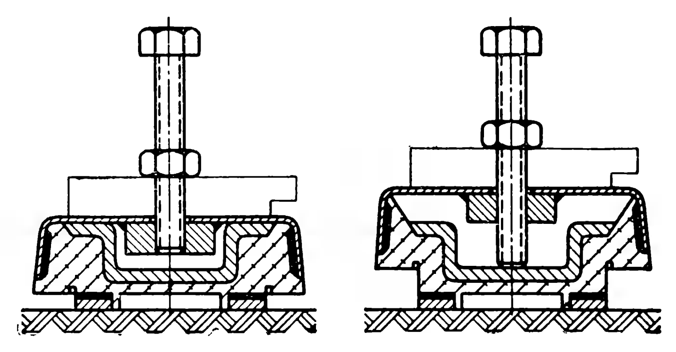


Рис. 14. Круглые резино-металлические опоры

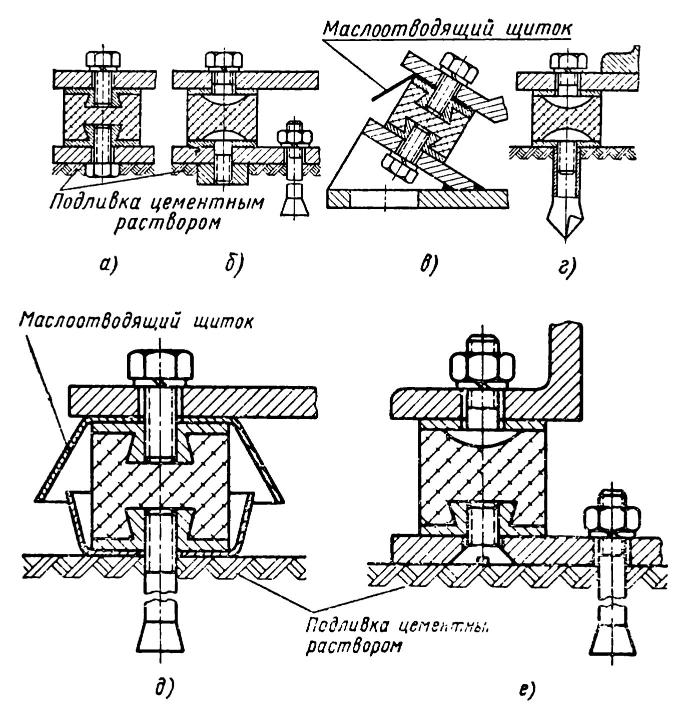


Рис. 15. Способы установки виброизолирующих опор:
а — установка с подливкой цементного раствора; *б* — установка с дополнительным креплением на анкерный болт и подливкой цементным раствором, *в* — крепление на угловой кронштейн с установкой маслоотводящего щита; *г* — крепление анкерным болтом с подливкой цементного раствора; *д* — крепление на анкерный болт с установкой маслоотводящих щитков; *е* — установка с подливкой цементным раствором и креплением на дополнительный анкерный болт

Виброгаситель РВГ-1 состоит из конической втулки *2*, кольца-груза *3* с коническим отверстием, регулировочных гаек *1* и *4* и контргайки *5*.

Виброгаситель устанавливают на оправку с цилиндрическим отверстием диаметром 80 *мм*.

Виброгаситель РВГ-2 (рис. 17) имеет аналогичное устройство, отличающееся методом крепления к оправке и расположением во втулке *1* груза *2* и креплением его пробкой *3*.

Регулируемая величина дебаланса и направление его относительно режущей кромки резца за счет изменения зазора позволяют гасить возникающие вибрации при растачивании.

Тепловые деформации возникают как в самом станке, так и в обрабатываемой детали. Причиной тепловых деформаций станка является

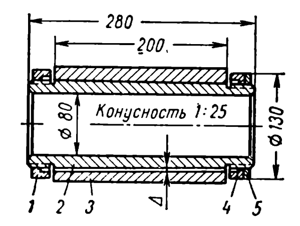


Рис. 16. Виброгаситель РВГ-1

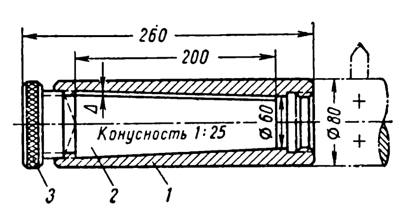


Рис. 17. Виброгаситель РВГ-2

разность температур отдельных элементов станка и различных коэффициентов температурного расширения деталей, а иногда участков одной и той же детали. Причиной тепловых деформаций обрабатываемой детали является ее неравномерный нагрев во время обработки и иногда отличительный коэффициент теплового расширения.

Тепловая деформация станка приводит к искривлению направляющих, смещению оси шпинделя относительно поверхности стола.

Тепловая деформация детали несет за собой погрешности в расстояниях между осями отверстий и их взаимном расположении.

При растачивании некоторых деталей тепловые деформации могут достигнуть значительных величин. Так, при обработке детали из силумина с расстоянием между осями отверстий 1000 *мм* разница в абсолютной величине расширения стола станка (чугун) и детали (силумин) составляет 15×10^{-6} *м*/1° С или 0,015 *мм* изменения межосевого расстояния, равного 1000 *мм* на каждый градус С. Соответственно при нагреве детали на 10° эта деформация достигнет $0{,}015 \times 10 = 0{,}15$ *мм*. Чтобы сократить погрешности, вызываемые температурными изменениями, необходимо выполнять следующие рекомендации:

помещения, в которых установлены координатно-расточные станки, должны быть изолированными и иметь строгий климатический режим с температурой 20° С и относительной влажностью не более 55%;

подлежащие обработке детали должны иметь температуру, одинаковую с температурой расточного отделения;

окончательную обработку деталей следует производить при температуре 20° С, оставляя для этой обработки припуски в пределах 0,2—0,5 *мм*;

не допускать работу затупленным (изношенным) инструментом, вызывающим усиленный нагрев обрабатываемой детали и отдельных узлов станка вследствие возрастания усилий резания.

Выбор метода растачивания отверстий

Существуют различные методы растачивания отверстий или систем отверстий. Наиболее рациональным методом принят координатный метод, на основе которого и созданы координатно-расточные станки. При этом методе совмещения оси вращения шпинделя с осью растачиваемого отверстия приняты две системы координат: система прямоугольных координат и полярная система.

Система прямоугольных координат — это такая система, при которой каждая точка на плоскости задается расстояниями до взаимно перпендикулярных линий, называемых осями координат. Горизонтальная ось OX (см. рис. 18, *а*) называется осью абсцисс, вертикальная OY — осью ординат. Точка пересечения O является началом координат.

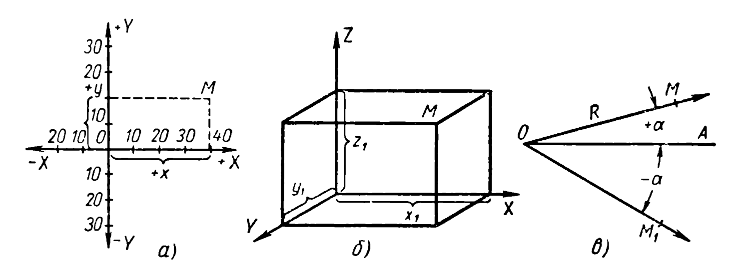


Рис. 18. Системы координат:
а, *б* — прямоугольная система; *в* — полярная система координат

Все координаты точек, находящихся вправо от оси ординат, будут иметь положительное значение X, а влево — отрицательное значение X. В свою очередь, все координаты точек, находящихся вверху оси абсцисс, будут иметь положительное значение Y, а к низу от нее — отрицательное значение Y На рис. 18, *а* точка M имеет значения $X = 40$, $Y = +15$. Если точка M задана в пространстве, а не на плоскости, то положение ее определяется еще одной координатой Z (рис. 18, *б*).

Точка M в приведенном случае будет иметь координаты X, Y, Z.

Полярная система координат. Очень часто координаты точки задаются величиной радиуса и углом, на котором находится радиус от горизонтальной прямой AO.

Угол α (рис. 18, *в*) будет считаться положительным, если он образован радиусом-вектором в направлении против часовой стрелки, и отрицательным — по часовой стрелке.

Такая система называется полярной системой координат. Детали, в которых подлежащие обработке отверстия заданы в полярной системе координат, удобно растачивать на горизонтальном или универсальном поворотном столе.

Выбор системы координат в первую очередь зависит от того, в какой системе координат задано расположение отверстий на чертеже. Естественно, если отверстия, подлежащие растачиванию, заданы в полярной системе координат и они находятся в одной плоскости, целесообразно растачивание производить на горизонтальном поворотном столе. Если

*

обрабатываемые отверстия находятся в нескольких плоскостях, то следует применять универсальный поворотный стол.

Детали, в которых подлежащие обработке отверстия заданы в прямоугольной системе координат, можно растачивать на столе станка, а если позволяют габаритные размеры детали, такое растачивание предпочтительнее производить на горизонтальном поворотном столе, так как выверка детали на нем значительно упрощается.

Бывают детали, часть отверстий в которых заданы в прямоугольной системе координат, а другая часть в полярной. В этих случаях во избежание перерасчетов иногда целесообразно растачивание таких отверстий производить на горизонтальном или универсальном поворотном столе.

Выбор базы. Как правило, подлежащие обработке на координатно-расточных станках детали имеют заранее подготовленные опорные

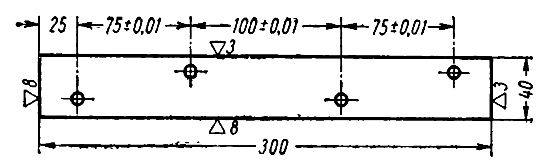


Рис. 19. Деталь с длинной и короткой базовыми боковыми сторонами

плоскости и базовые элементы (боковые плоскости, отверстия, выступы, пазы и т. д.). При установке детали на станке следует выбирать такую базовую поверхность, выверяемые крайние точки которой максимально удалены друг от друга. Пусть, например, надо установить прямоугольную деталь (рис. 19), у которой одна из коротких боковых сторон и прилегающая к ней длинная сторона являются хорошо обработанными и имеют прямой угол. Казалось бы легче параллельность выверить по короткой стороне, так как при проверке индикаторным центроискателем перемещать его следует только в пределах 40 *мм*. Однако при допущении погрешности в 0,005 *мм* на длине 40 *мм* короткой стороны, эта погрешность возрастет во столько раз, во сколько 300 *мм* больше 40 *мм*, или в 7,5 раза, что составит 0,035 *мм*. Таким образом, очевидно, что выверку параллельности детали относительно направления движения стола (салазок, шпиндельной бабки) следует производить только по длинной стороне.

Установка индексов отсчета размеров производится после установки так называемого начала координат и сводится к перемещению нулевой черты индекса к целому (кратному 10) числу шкалы измерительного устройства или «сбрасывать на нуль». Такая операция в дальнейшем облегчает производство перемещений и отсчет координат обрабатываемых отверстий. Началом координат служит та выбранная точка, от которой исходят оси прямоугольной системы координат и лучи полярной системы координат.

В примере, приведенном на рис. 20, началом координат будет служить точка *O*, лежащая на пересечении боковых базовых сторон детали, являющихся осями *X* и *Y*. В этом примере более целесообразно принять за начало координат не точку *O*, лежащую на пересечении базовых сторон детали *OC* и *OB*, а центр отверстия *1*, так как отсчет раз-

меров будет производиться в направлениях, противоположных указанным на осях *X* и *Y*, что очень важно для станков с правыми микрометрическими винтами. На таких станках все перемещения обязательно должны заканчиваться вращением винта вправо, а в данном случае этому соответствует выбранное начало координат. Началом координат для случая, представленного на рис. 21 (полярная система координат), будет центр отверстия *1*, совмещенный с осью вращения горизонтального поворотного стола. Положение оси *OC* должно быть отмечено индексом поворотного стола после совмещения установочной базы *AB* с направлением движения стола (салазок).

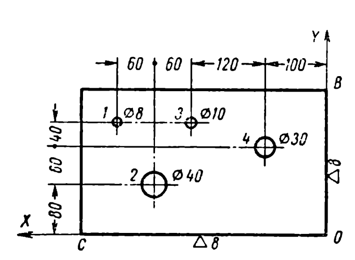


Рис. 20. Пример выбора начала координат

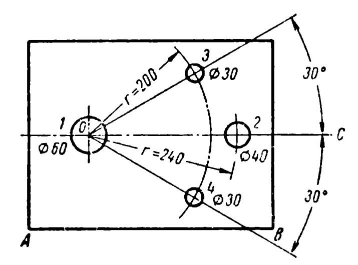


Рис. 21. Пример выбора начала координат в полярной системе

Расчет координат при выполнении работ на координатно-расточных станках состоит из необходимых математических вычислений и составления координатных таблиц.

Рассмотрим порядок составления координатной таблицы для случая, приведенного на примере рис. 20 (координатно-расточной станок типа СИП).

Выверив параллельность по длинной стороне и совместив установочные базовые стороны с осью вращения шпинделя, устанавливаем лимбы измерительного устройства на нуль, а индексы на числа, кратные 10, будем иметь: начало координат по оси *X* (стол) 500, по оси *Y* (шпиндельная бабка) 400. Координаты отверстий для этого случая приведены в табл. 63.

63. Координатная таблица к рис. 20

№ отверстия	Диаметр отверстия	Продольный стол, ось *X*	Шпиндельная бабка, ось *Y*
		500	400
1	8	160	220
2	40	220	320
3	10	280	220
4	30	400	260

64. Координатная таблица с измененным началом координат к рис. 20

№ отверстия	Диаметр отверстия	Продольный стол, ось *X*	Шпиндельная бабка, ось *Y*
Начало координат	8	300	400
1	8	300	400
2	40	360	500
3	10	420	400
4	30	540	440

Приведенный вариант составления координатной таблицы несколько неудобен для станков с правыми микрометрическими винтами, так как в последовательности обработки отверстий не предусматривается подвод шпинделя и перемещение стола только правым вращением винта, поэтому иногда целесообразно за начало координат принимать ось растачиваемого отверстия, расположенного в крайнем «минусовом» положении координат. Координатная табл. 64 для того же случая будет иной, чем табл. 63.

65. Координатная таблица для системы отверстий, заданной в полярной системе координат (рис. 21)

№ отверстия	Диаметр отверстия	Угол	Стол (салазки или шпиндельная бабка)
Начало координат	60	0	500
1	60	0	500
2	40	0	740
3	30	30° (+30°)	700
4	30	330° (−30°)	700

Координатные таблицы для деталей, система растачиваемых отверстий в которых дана в полярной системе координат, составляется с учетом такой последовательности обработки отверстий, при которой координата, заданная углом, будет иметь с каждым следующим отверстием плюсовую наращиваемую величину (табл. 65).

После выбора и установки начала координат лимбы отсчетно-измерительных устройств станка и горизонтального или универсального поворотного стола ставят в нулевое положение, а индексы — на числа делений шкалы, кратные 10.

Ниже, в табл 66, приводятся примеры расчетов координат, часто встречающиеся в практике работы на координатно-расточных станках.

Растачивание отверстий

Для обеспечения высокой точности расположения и формы отверстий, обработка их производится в несколько переходов: центрование, сверление, растачивание, развертывание.

В зависимости от величины диаметра обрабатываемого отверстия и требований к нему по точности и чистоте поверхности сверления растачивание и развертывание можно производить за два—три перехода.

Центрование производят для того, чтобы, обеспечить правильное направление сверла в начальный момент сверления. Центрование производится центровками, которые, будучи острозаточенными с минимальной перемычкой между режущими перьями, образуют в местах последующего сверления небольшие лунки. Эти лунки с углом $2\varphi = 90 \div 100°$, практически не имеющие в своем дне плоской площадки, обеспечивают надежное направление сверла при сверлении.

В практике работы некоторые расточники предпочитают угол 2φ центровки делать на 5—10° больше, чем соответствующий угол сверла. Это также обеспечивает хорошее направление сверла при условии, если перемычка (поперечная кромка) центровки не превышает 0,1—0,2 *мм*. Диаметр лунки делается несколько меньшим, чем диаметр первого сверла.

Число оборотов шпинделя при центровании рекомендуется выбирать в пределах 1200—1500 в минуту.

66. Примеры некоторых расчетов координат

Эскиз	Содержание примера и данные к расчету	Формулы расчета
	Определить координаты отверстия *B*. Начало координат — отверстие *A*	$c = \sqrt{a^2+b^2}$; $a = \sqrt{c^2-b^2}$; $b = \sqrt{c^2-a^2}$; $\sin\alpha = \frac{a}{c}$; $a = c\sin\alpha$; $c = \frac{a}{\sin\alpha}$; $\cos\alpha = \frac{b}{c}$; $b = c\cos\alpha$; $c = \frac{b}{\cos\alpha}$; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b}$; $a = b\operatorname{tg}\alpha$; $b = \frac{a}{\operatorname{tg}\alpha}$; $\operatorname{ctg}\alpha = \frac{b}{a}$; $a = \frac{b}{\operatorname{ctg}\alpha}$; $b = a\operatorname{ctg}\alpha$. $\sin\beta = \frac{b}{c}$; $b = c\sin\beta$; $c = \frac{b}{\sin\beta}$; $\cos\beta = \frac{a}{c}$; $a = c\cos\beta$; $c = \frac{a}{\cos\beta}$; $\operatorname{tg}\beta = \frac{b}{a}$; $a = \frac{b}{\operatorname{tg}\beta}$; $b = a\operatorname{tg}\beta$; $\operatorname{ctg}\beta = \frac{a}{b}$; $a = b\operatorname{ctg}\beta$; $b = \frac{a}{\operatorname{ctg}\beta}$.
	Определить координаты оси отверстия, сопрягающего стороны угла. Дано: $\measuredangle\alpha$; r. Определить: b,	$b = r\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}$; $c = \frac{r}{\sin\frac{\alpha}{2}}$

Продолжение табл. 66

Эскиз	Содержание примера и данные к расчету	Формулы расчета
	Определить координаты осей отверстий сопрягающих стороны равностороннего треугольника радиусами R и r. Дано: сторона a; диаметр отверстия у вершины треугольника $2R$; диаметр отверстия у основания треугольника $2r$; угол при вершине α. Определить: x_2, y, y_1	$x = \frac{a}{2}$; $y_1 = r$; $y = \frac{a}{2\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}} - \frac{R}{\sin\frac{\alpha}{2}}$; $x_1 = \frac{r}{\mathrm{tg}\,\frac{\beta}{2}}$; $x_2 = a - \frac{r}{\mathrm{tg}\,\frac{\beta}{2}}$
	Определить данные (хорду и стрелку) для подсчета координат двух отверстий, заданных величиной радиуса и центральным углом. Дано: центральный угол α, R. Определить: c, h	$c = 2R\sin\frac{\alpha}{2}$ $h = 2R\sin^2\frac{\alpha}{4}$
	Определить координаты технологических отверстий, ограничивающих часть фасонной проймы. Дано: R; R_1; α. Определить: r_1; β; γ	$r_1 = R + r$; $r_2 = R_1 - r$; $\sin\beta = \frac{r}{R_1 - r}$ $\sin\gamma = \frac{r}{R + r}$
	Определить координаты отверстий, сопрягающих прямую и дуговую поверхности фасонной проймы. Дано: R; r; b. Определить: x, y	$x = \sqrt{(R - r)^2 - (b + r)^2}$; $y = b + r$

Продолжение табл. 66

Эскиз	Содержание примера и данные к расчету	Формулы расчета
	Определить координаты технологических отверстий, сопрягающих стороны прямоугольного треугольника радиусом R. Дано: α; β; A; R Определить: x; x_1; y; y_1	$x = R$; $y = R$; $x_1 = A - \dfrac{R}{\operatorname{tg}\dfrac{\beta}{2}}$; $x_1 = A - R \operatorname{ctg}\dfrac{\beta}{2}$; $y_1 = A \operatorname{tg}\beta - \dfrac{R}{\operatorname{tg}\dfrac{\alpha}{2}}$; $y_1 = A \operatorname{tg}\beta - R \operatorname{ctg}\dfrac{\alpha}{2}$
Универсальный поворотный стол с пересекающимися осями вращения и наклона планшайбы	Определить величину перемещения стола станка после наклона планшайбы универсального поворотного стола на угол α. Ось отверстия детали пересекается с осью вращения планшайбы в центре шаровой поверхности установочного стержня. Дано: $\measuredangle\alpha$; L_0; L_1, определить x	$x = (L_0 + L_1)\sin\alpha$, где L_0 — расстояние от поверхности планшайбы до горизонтальной оси. Величина постоянная для каждого универсального поворотного стола; L_1 — расстояние от плоскости стола до центра шаровидной части стержня и пересечения с осью обрабатываемого отверстия
Универсальный делительный стол с пересекающимися осями вращения и наклона планшайбы	Определить величину перемещения стола станка после наклона планшайбы универсального поворотного стола на угол α. Ось отверстия детали пересекается с осью вращения планшайбы ниже центра шаровой поверхности установочного стержня. Дано: D; L_1; L_2. Определить: x — в первом случае x_1 — во втором случае	*а* — для случая, когда ось вращения планшайбы совмещена с осью вращения шпинделя в горизонтальном положении планшайбы, $x = \left(L_0 + L_2 - \dfrac{D}{2\operatorname{tg}\alpha}\right)\sin\alpha$; *б* — для случая, когда ось вращения шпинделя совмещена с центром шаровой поверхности установочного стержня при наклонной планшайбе на угол α, $x_1 = (L_1 - L_2)\sin\alpha + \dfrac{D}{2}\cos\alpha$

Продолжение табл. 66

Эскиз	Содержание примера и данные к расчету	Формулы расчета
Универсальный стол с пересекающимися осями вращения и наклона планшайбы	Определить величину перемещения стола станка после наклона планшайбы универсального поворотного стола на угол α. Ось отверстия детали пересекается с осью вращения планшайбы выше центра шаровой поверхности установочного стержня. Дано: D; L_2; L_3; α. Определить: x — для первого случая x_1 — для второго случая	*а* — для случая, когда ось вращения планшайбы совмещена с осью вращения шпинделя в горизонтальном положении планшайбы $x = \left(L_0 + L_2 + L_3 + \frac{D}{2\,\mathrm{tg}\,\alpha}\right) \times \sin\alpha$, где L_2 — размер подкладки; *б* — для случая, когда ось вращения шпинделя совмещена с центром шаровой поверхности установочного стержня при наклоненной планшайбе, $x_1 = (L_3 + L_2 - L_1)\sin\alpha + \frac{D}{2}\cos\alpha$
Универсальный поворотный стол с пересекающимися осями вращения и наклона планшайбы	Определить величину перемещения стола станка после наклона планшайбы на угол α. Дано: L_1; L_2. Определить x	$L = L_0 + L_1 + L_2$, где L_0 — постоянная величина, как и в предшествующих примерах; $x = L\cos\alpha$ или $x = L\sin\beta$

Продолжение табл. 66

Эскиз	Содержание примера и данные к расчету	Формулы расчета
Ось вращения планшайбы; Ось наклона планшайбы Универсальный поворотный стол с непересекающимися осями вращения и наклона планшайбы	Определить величину перемещения стола после наклона планшайбы на угол α. Деталь установлена по центру планшайбы стола. Дано: угол α; L_1. Определить x и y	$y = L_0 + L_1$; $x = A_0 +$ $+ (y \sin\alpha - A_0 \cos\alpha)$; где: L_0 и A_0 — постоянные размеры поворотного стола
Ось вращения планшайбы; Ось наклона планшайбы Универсальный поворотный стол с непересекающимися осями вращения и наклона планшайбы	Определить величину перемещения стола после наклона план шайбы на угол α. Деталь установлена вне центра стола. Дано: угол α; L_1; B. Определить: x; x_1; y	$x_1 = A_0 - B$; $y = L_0 + L_1$; $x = x_1 +$ $+ (y \sin\alpha - x_1 \cos\alpha)$; Для случая, когда $x_1 \cos\alpha$ меньше, чем $y \sin\alpha$. $x = x_1 -$ $- (x_1 \cos\alpha - y \sin\alpha)$, Для случая, когда $x_1 \cos\alpha$ больше, чем $y \sin\alpha$. где A_0 — расстояние между осью вращения планшайбы и горизонтальной осью наклона; B — установочный размер между центром детали и осью вращения планшайбы

Центрование в труднодоступных местах производится специальными удлиненными центровками.

На рис. 22 показаны примеры, когда необходимо применение специальных удлиненных центровок.

Сверление как переход в обработке небольших по диаметру отверстий имеет определяющее значение в обеспечении точности расположения величины диаметра и формы их.

Сверло во время сверления следует периодически вынимать из отверстия для очистки его с помощью щетки от стружки, а одновременная

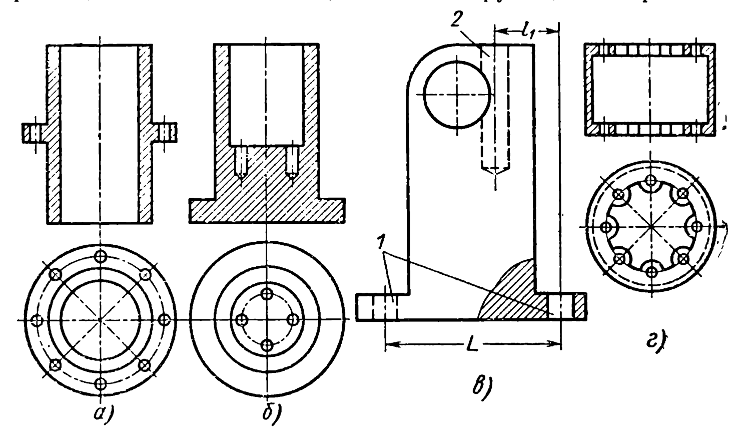


Рис. 22. Пример применения специальных удлиненных центровок:
а — при центровании отверстий во фланце втулки; *б* — удаленных несквозных отверстий; *в* — отверстий *1* в крупной детали, связанных размером l_1 с отверстием *2* в детали; *г* — случай целесообразности применения центровки-сверла

смазка сверла мастикой (маслом или эмульсией) предохраняет сверло от перегрева.

Во время чистового рассверливания отверстий вынимать сверло на ходу из отверстий не рекомендуется, так как в этом случае на стенках отверстия могут образоваться спиральные риски.

Типы применяемых сверл, параметры заточки и рекомендуемые режимы сверления приведены на стр. 16 и 21—30.

Определенную сложность представляет обработка отверстий, расположенных в плоскостях разъема, на сферических или цилиндрических плоскостях, а также отверстий, вход или выход которых находится на плоскости, перпендикулярной к оси отверстия (табл. 67).

Растачивание отверстий малых диаметров (до 3 *мм*) выполняется расточниками высокой квалификации. Сверление и растачивание таких отверстий можно производить на станках с большим числом оборотов шпинделя или имеющим насадные быстроходные сверлильные головки.

Однако не во всех случаях возможности координатно-расточных станков позволяют обеспечить необходимые скорости резания (20—30 *м/мин* для быстрорежущих резцов и 40—60 *м/мин* для резцов из твердого сплава), а это вызывает дополнительные затруднения, так как сверление и растачивание малых отверстий приходится производить на заниженных режимах резания.

67. Способы обработки отверстий в усложненных условиях

Эскиз	Особенности расположения отверстия	Содержание перехода
	Ось отверстия расположена в плоскости разъема двух деталей. Пример: *D* отв. 14 *мм*; глубина *H* 100 *мм*	1. Зацентровать отверстия. 2. Засверлить на глубину 30—35 *мм* сверлом ⌀ 12 *мм* 3. Расточить на глубину 25—30 *мм* до ⌀ 13 *мм*. 4. Сверлить сверлом 13 *мм* на всю глубину. 5. Расточить отверстие на всю глубину с припуском под развертку. 6. Развернуть отверстие
	Отверстие расположено под углом к плоскости детали	1. Зацентровать, если диаметр отверстия не более 6 *мм*, а если больше, то зацентровку производить попеременно с торцовым зенкерованием. 2. Сверлить предварительно. На выходе подачу уменьшать. 3. Расточить на глубину 3*D*. 4. Рассверлить напроход сверлом диаметром, равным расточенному. 5. Расточить на глубину скоса окончательно. 6. Развернуть отверстие
	Ось отверстия смещена с оси цилиндрической детали	1. Зацентровать указанным выше способом. 2. Перед сверлением в отверстие детали поставить заглушку из того же материала, что и деталь. 3. Сверлить предварительно напроход. 4. Расточить на возможную глубину. 5. Рассверлить по расточенному диаметру. 6. Расточить окончательно на глубину скоса. 7. Развернуть отверстие

Продолжение табл. 67

Эскиз	Особенности расположения отверстия	Содержание перехода
а) б)	Перекрывающие отверстия: а — $L < 2R$; б — $L < R + r$	а — при $H \leqslant 3D$: 1. Сверлить отверстия, оставляя перемычку 1—2 *мм*. 2. Зенкеровать с припуском на растачивание. 3. Расточить окончательно. При $H > 3D$: 1. Обработать одно отверстие окончательно и заглушить пробкой из того же материала 2. Сверлить второе отверстие. 3. Расточить второе отверстие. б — 1. Обработка меньшего отверстия на координатно-расточном станке. 2. Предварительная обработка большего отверстия на других станках. 3. Окончательная обработка большего отверстия на координатно-расточном станке

В табл. 68 приведены величины скоростей резания в зависимости от максимального числа оборотов станков.

68. Скорости резания при обработке отверстий малых диаметров в зависимости от максимальных чисел оборотов станка

Модель станка	Максимальное число оборотов шпинделя в минуту	Скорость резания v в *м/мин*				
		Диаметры отверстий в *мм*				
		0,4	0,8	1	2	3
2400	3500	4,4	8,8	11,0	22,0	33,0
2А420	3200	4,0	8,0	10,0	20,0	30,0
2А430	2900	3,6	7,2	9,1	18,2	27,3
2435П	2500	3,1	6,3	7,8	15,6	23,5
2В440	2000	2,5	5,0	6,3	12,6	18,9

Кроме указанных условий обработка отверстий малых диаметров возможна только на станках, обеспечивающих высокую чувствительность ручной подачи пиноли шпинделя, так как осевое усилие P с уменьшением диаметра сверления становится незначительным. Использование механической подачи в этих случаях часто невозможно, потому что имеющаяся минимальная подача шпинделя станка оказывается чрезмерно большой в этих случаях и приводит к поломке сверл.

При растачивании отверстий малых диаметров к резцам и расточным патронам предъявляются следующие требования:

цилиндрические поверхности резцов диаметрами D и D_2 должны быть концентричными (см. табл. 16 гл. 1);

длина участка резца D_2 не должна превышать глубину отверстия более чем на 1,5—2 *мм*;

выбор резца должен соответствовать рекомендуемым размерам (см. табл. 16 гл. 1);

расточной патрон должен обеспечивать крепление и радиальную подачу резца без смещения с оси отверстия:

режущая кромка резца должна находится в точке, образуемой пересечением диаметра (в направлении рациональной подачи резца) и окружности отверстия;

резец должен быть тщательно заточен, а возникаемое во время работы притупление режущей кромки должно сниматься с помощью мелкозернистых абразивных брусков;

заканчивать растачивание диаметров малых отверстий целесообразно за несколько повторных проходов без радиальной подачи резца.

Часто обработку отверстий малых диаметров производят без растачивания. В этих случаях к сверлам предъявляются следующие требования:

сверло должно быть заточено так, чтобы режущие кромки были симметричны по высоте и углу. Перемычка должна проходить через ось сверла;

ленточки сверла должны быть чисто отшлифованными и не иметь дефектов в виде задиров и забоин;

даже незначительная погнутость сверла не допускается;

закрепленное в патроне сверло не должно иметь биения.

Обработка глухих отверстий с заданной точной глубиной имеет свои особенности. Для предварительной обработки глухих отверстий применяют сверла с прямой заточкой (угол $2\varphi = 180°$), а для растачивания — отогнутые резцы с главным углом в плане 90°. Имеют широкое применение для чистовой обработки глухих отверстий специальные развертки.

Наиболее сложной является обработка глубоких глухих отверстий, точных по диаметру и глубине. При обработке таких отверстий применяют специальные торцовые цековки, а последовательность переходов рекомендуется следующей:

зацентровка отверстий центровочным сверлом;

сверление отверстий с припуском по глубине до 0,5—1 *мм* (глубина считается от плоскости детали до вершины конического углубления, образуемой сверлом);

рассверливание под чистовое растачивание (число переходов определяется заданным диаметром отверстия);

обработка дна отверстия сверлом с прямой заточкой;

чистовое растачивание отверстия;

обработка дна отверстия специальной торцовой цековкой (диаметр цековки на 2—3 *мм* меньше диаметра растачиваемого отверстия) на заданную глубину;

обработка дна отверстия до заданного диаметра резцом с главным углом в плане, равным 90°, до глубины, образованной цековкой.

Для обработки торцовых поверхностей глухих отверстий можно применять универсальный расточной патрон с механической радиаль-

ной подачей резца (см. рис. 19 гл. 1). Однако ограниченный диапазон радиальной подачи резца не позволяет использовать патрон при обработке торцовых поверхностей отверстий больших диаметров.

Измерение глубины глухого отверстия во время обработки производят различными способами: шкальными и микрометрическими глубиномерами (контроль при остановленном шпинделе), с помощью установки упорного кольца по плоским концевым мерам и с помощью индикаторов, контролирующих осевое перемещение шпинделя. Последние

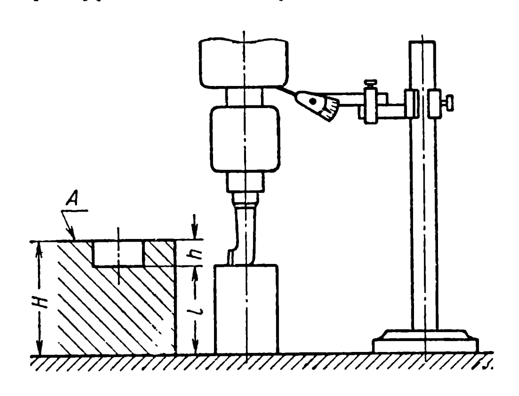


Рис. 23. Замер глубины глухого сверления

два способа используются только на станках, имеющих для этой цели специальное устройство.

Один из простейших способов замера глубины глухого отверстия во время обработки показан на рис. 23. Установленный в расточной патрон резец подводят до соприкосновения с плоскостью детали *A*, а стрелку индикатора ставят в нулевое положение. Затем каретку штангенвысотомера опускают на заданный размер и подводят ее к торцу шпинделя, введенного резцом в отверстие.

Осевая подача шпинделя прекращается в момент достижения стрелки индикатора нулевого положения. Для более точного контроля глубины растачиваемого отверстия применяют плоские концевые меры, с помощью которых и устанавливают нулевое положение индикатора из расчета $h = H - l$.

Развертывание отверстий на координатно-расточных станках можно выполнять развертками двух типов. Стандартными машинными развертками (см. табл. 36—39 гл. 1) можно развертывать глубокие или удаленные от поверхности детали отверстия. Развертывание отверстий производят только после предварительного растачивания. Специальными прецизионными развертками (см. табл. 40 гл. 1) производят чистовую обработку отверстий сравнительно небольшой глубины, а также глухих или ступенчатых отверстий.

Число оборотов шпинделя выбирают из расчета рекомендуемых скоростей резания при развертывании (см. табл. 52 и 53), а величины подач в пределах до 0,02 *мм* на зуб.

При развертывании рекомендуется применять смазочно-охлаждающую жидкость. Хорошо себя зарекомендовала жидкость, состоящая из смеси равных частей керосина и касторового масла. Жидкость наносят во время развертывания на зубья развертки с помощью кисточки.

Чистовое фрезерование

Фрезерование различных поверхностей на координатно-расточных станках хотя и не частая, но необходимая операция. Точное положение отдельных поверхностей относительно плоскости, отверстия или системы отверстия наилучшим образом можно обеспечить обработкой такой детали на координатно-расточном станке.

Чистовое фрезерование плоскостей, пазов прямоугольных и угловых (типа ласточкина хвоста), зубьев реек и различных видов фасонных поверхностей следует производить только в случаях, когда отсутствует возможность обеспечить заданную точность на других металлорежущих станках.

Особенно осторожно чистовое фрезерование следует производить на координатно-расточных станках, имеющих механическую отсчетно-измерительную систему с микрометрическими винтами, так как даже небольшие радиальные нагрузки могут привести к потере точности станка.

Припуски на чистовое фрезерование должны быть минимальными. Глубина резания допускается не более 0,5 *мм*. Пределы рабочих подач приведены в табл. 69.

69. Пределы рабочих подач для фрезерования на некоторых моделях координатно-расточных станков

Модели станков	2А430	2435П	2В440	2450М	2А450
Пределы рабочих подач в *мм/мин*	28—135	10—200	16—200	36	30—200

Чистовое фрезерование поверхностей, расположенных по окружности, производят на поворотных столах. Наиболее приспособленные для этой цели поворотные столы с оптико-механической отсчетно-измерительной системой, потому что радиальные нагрузки на червячную пару и ее износ не отражаются на показаниях отсчетно-измерительной системы, а следовательно, на точности поворотного стола.

Фрезерование криволинейных поверхностей, состоящих из участков прямых и дуг различных кривых и радиусных сопряжений на деталях типа автоматных копиров, производится в полярной системе координат на горизонтальном поворотном столе.

Заготовку копира (рис. 24) центральным отверстием устанавливают на оправку, зажимают гайкой и вставляют хвостовиком оправки в центральное отверстие стола.

Координаты точек O_1, O_2 и O_3 рассчитывают (если они не заданы) по чертежу и, поочередно совмещая шпиндель с указанными точками,

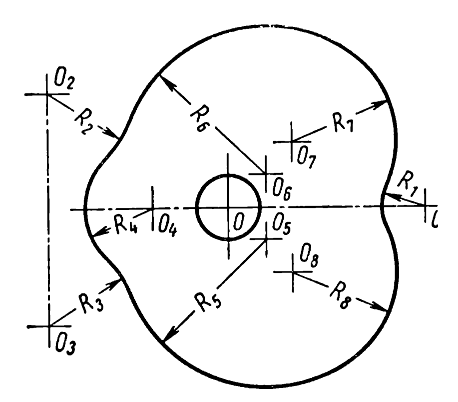


Рис. 24. Схема обработки копира для автомата

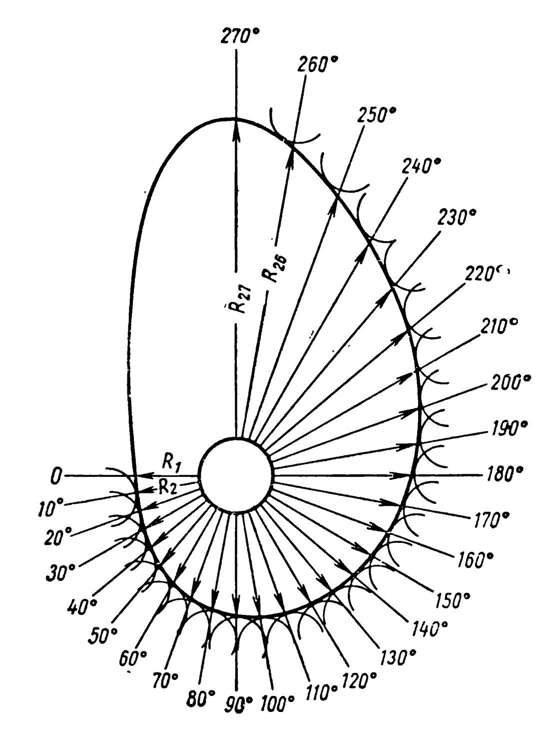


Рис. 25. Схема фрезерования копира со спиральной кривой

фрезеруют поверхности R_1; R_2 и R_3. Диаметр фрезы для каждого случая принимают равным удвоенному радиусу.

Совмещая ось вращения шпинделя с точками O_4, O_5, O_6, O_7 и O_8, делают вспомогательные отверстия диаметром 6—8 *мм*. Затем заготовку снимают с оправки и устанавливают на горизонтальный поворотный стол, совмещая центр последнего при помощи индикаторного центроискателя с вспомогательным отверстием большего по величине радиуса, например R_6. Установив и закрепив таким образом заготовку копира, отводят стол (шпиндельную бабку) на расстояние, равное сумме радиуса R_6 и половины диаметра концевой фрезы. В этом положении стопорят стол (шпиндельную бабку) станка.

Фрезерование производят встречным вращением поворотного стола от поверхности, образованной радиусом R_2, до выхода фрезы из припуска.

Аналогично производят фрезерование кривых, образованных радиусами R_5, R_4, R_6, R_7 и R_8, устанавливая каждый раз в соответствующее вспомогательное отверстие по центру вращения планшайбы стола.

Фрезерование кривых, расположенных по спирали, производят также на горизонтальных поворотных столах по так называемому методу профилирования. Предварительно обработанную по разметке заготовку копира (рис. 25) с помощью оправки устанавливают по центру стола. Координаты точек, в которые вводится ось вращения шпинделя, рассчитываются в полярной системе координат через определенный угол с нарастающим радиусом. Резец в расточном патроне, выставленный на определенный радиус при помощи индикаторного центроискателя из каждой такой точки при осевой подаче пиноли, вытачивает радиусную канавку. Затем процесс повторяется после каждого перемещения координат стола (шпиндельной бабки) на измененный радиус, а поворотный стол на следующий угол. Чем меньше величина принимаемого в расчете угла для каждой точки положения шпинделя, тем меньше будут гребешки, образуемые на поверхности кривой.

При изготовлении особоточных кривых поверхностей, припуск по поверхности кривой снимают за несколько переходов, уменьшая его по радиусу-вектору: 0,15 *мм* на второй переход и 0,05 *мм* на чистовой проход. Угол поворота стола с каждым переходом уменьшают: для первого прохода 5—10°, для второго 2—5° и для чистого 1° (или другой расчетный).

Сравнивание гребешков на спиральной поверхности производят вручную квалифицированные слесари-инструментальщики.

Разметка деталей

Разметку фасонных профилей шаблонов, матриц и пуансонов штампов, различных копиров часто производят на координатно-расточных станках.

Контурные линии наносят на поверхности деталей с помощью пружинной чертилки и станочного циркуля, а нанесение точек — с помощью пружинного керна.

Разметку деталей производят чаще всего на горизонтально-поворотных столах с одного постанова при растачивании отверстий.

Места нанесения центров и линий устанавливаются при помощи отсчетно-измерительной системы станка, а места линий, заданных под различными углами, еще и поворотом планшайбы стола. Совмещение точки, из которой должно быть построено сопряжение или проведена дуга радиусом *R*, с осью вращения шпинделя при перестановке детали, производится с помощью визирного микроскопа (рис. 25 гл. 2), устанавливаемого в конус шпинделя.

В последние годы нашли применение при разметке термически обработанных деталей специальные приспособления с алмазным наконечником (рис. 26). Приспособление состоит из корпуса *1*, кони-

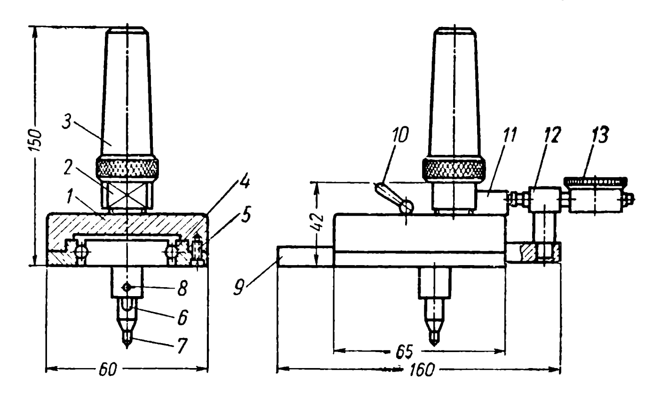


Рис. 26. Приспособления для разметки с алмазным наконечником

ческого хвостовика *3* с мерительной площадкой *2*. Каретка *9* с подпружиненным стержнем *6* и алмазным наконечником *7* имеет перемещение вдоль паза корпуса по призматическому шариковому соединению *4* и *5*.

Осевое перемещение стежня *6* ограничивается штифтом *8*, находящимся в пазу втулки. Величина смещения каретки с алмазным наконечником устанавливается блоком концевых мер *11* и индикатором *13*, закрепленным в стойке *12*. Каретка в нужном положении фиксируется рукояткой *10*. Нулевое положение алмазного наконечника (соосность наконечника и оси вращения шпинделя) контролируется двукратным нанесением риски одного направления при повороте шпинделя на 180° Если риски не совпадают, то расстояние между рисками равняется половине погрешности в совпадении осей. Совпадение рисок указывает на правильность нулевого положения алмазного наконечника. С помощью такого приспособления, как и с помощью станочного циркуля, можно наносить риски прямых линий, а также риски дуг различных радиусов из любой заданной точки. По мере износа алмаз наконечника подвергается многократной заправке.

В некоторых случаях для разметки могут применяться алмазные наконечники профилемеров и профилографов.

Нанесение линейных штрихов на различных прямолинейных и круговых шкалах, а также цилиндрических лимбах и секторах производится с помощью специальных резцов (рис. 27).

Резцы закрепляют или непосредственно в конусе шпинделя (тип а), или в сверлильный или расточной патрон.

При использовании резцов со смещенной режущей кромкой от оси вращения шпинделя (тип б) необходимо закрепление шпинделя от

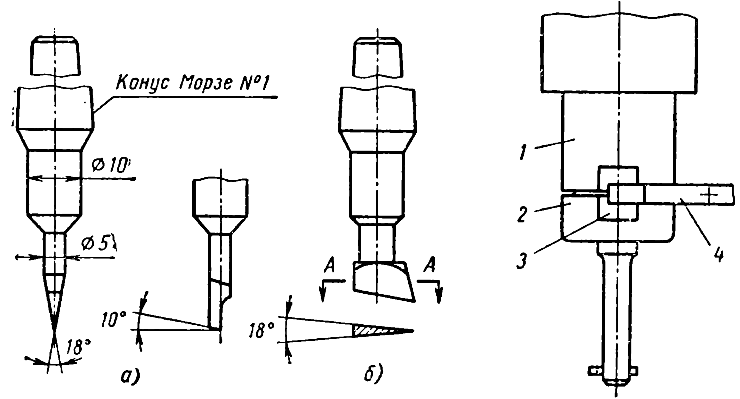


Рис. 27. Специальные резцы для нанесения штрихов

Рис. 28. Способ закрепления шпинделя от поворота

возможного поворота. Это выполняют (рис. 28) с помощью двух алюминиевых прокладок *3* и струбцины *4*, которые связывают шпиндель *2* с пинолью *1*.

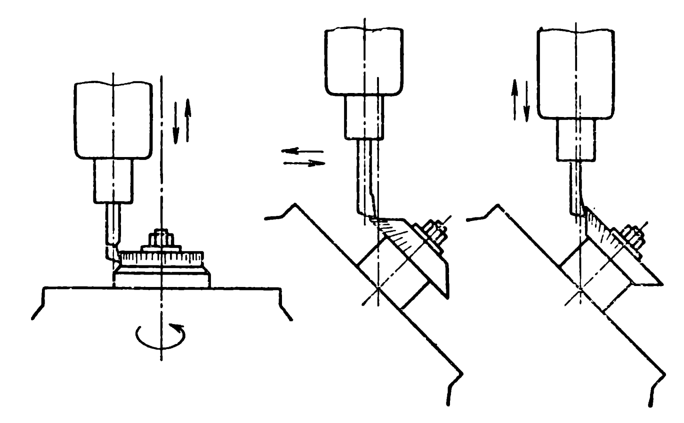


Рис. 29. Способ нанесения шкал на цилиндрических и конических лимбах на поворотных столах

Схемы установок деталей на поворотных столах для нанесения шкал на цилиндрических к конических лимбах показаны на рис. 29. Длины рисок отмечаются по отсчетно-измерительному устройству станка. В случае нанесения рисок, не имеющих выхода к краю детали

(глухих), следует применять пружинный керн. В этом случае отпадает необходимость поднимать и опускать пиноль шпинделя для каждой риски, а достаточно поднимать разметочный наконечник поворотом кулачкового диска.

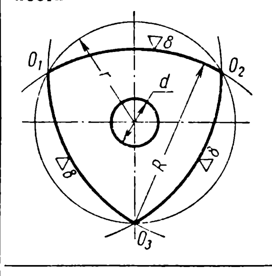
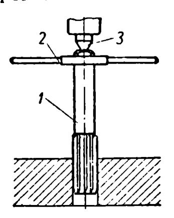
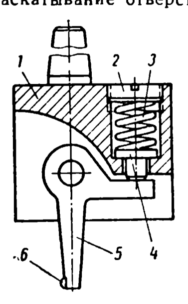
Другие операции, выполняемые на координатно-расточных станках

Возможности использования координатно-расточных станков для механической обработки деталей очень широкие (табл. 70). Целесообразность того или иного вида обработки детали на координатно-расточном станке определяется заданной точностью обработки и стоимостью ее.

70. Некоторые редкие виды работ, выполняемые на координатно-расточных станках

Содержание операции и эскиз	Метод выполнения и последовательность переходов
Обработка внутренних (закрытых) бобышек *а)* *б)*	Если возможно, то оправку с резцом вводят в отверстие при смещении шпинделя с оси отверстия. Если вылет резца с оправкой больше отверстия, то резец закрепляется после ввода оправки в отверстие. *а* — способ применим при сравнительно нешироких торцах. Режущая кромка должна быть перпендикулярной оси вращения шпинделя. Выполняется на малых оборотах и ручной подаче, не допускающих вибрации и дробления. В конце выполнения операции следует сделать выдержку в несколько оборотов шпинделя без осевой подачи; *б* — подрезку торца производят путем перемещения стола и салазок (шпиндельной бабки) в радиальных направлениях без осевой подачи шпинделя. Оправку закрепляют непосредственно в шпинделе; державку с резцом устанавливают в расточной патрон с механической радиальной подачей. Перед растачиванием ось отверстия совмещается с осью вращения шпинделя
Обработка узкого глубокого паза	Резец устанавливают в возможно короткую оправку. Обработку предварительно профрезерованного паза ведут за несколько проходов. Вторую стенку паза обрабатывают правым подрезным резцом, установленным в противоположную сторону гнезда оправки в продольном направлении паза. Ширину и параллельность паза замеряют блоком плоских концевых мер

Продолжение табл. 70

Содержание операции и эскиз	Метод выполнения и последовательность переходов
Обтачивание поверхности, представляющей собой участок дуги окружности 	Предварительно обработанную заготовку устанавливают по центру горизонтального стола отверстием d. Обточку ведут левым подрезным резцом, установленным в расточном патроне. Обработку каждой поверхности радиусом R производят поочередно из точек O_1, O_2, O_3, отстоящих от центра стола на величину r через 120° от первого положения
Ручное развертывание отверстия 	Применяют в случаях, когда невозможно окончательное растачивание и использование прецизионных разверток. Способ малопроизводителен, но обеспечивающий хорошее качество отверстия. Развертку *1* вращают вручную воротком *2*; направление развертке дают подпираемым центром *3* в центровое отверстие хвостовика развертки. Припуск на развертывание не более 0,1 *мм*. Смазка — веретенное масло
Раскатывание отверстий 	Раскатывание отверстий производят для доведения чистоты поверхности отверстия до 8—9-го класса. Величина уплотнения поверхности составляет 0,008—0,01 *мм*, что соответствует увеличению диаметра отверстия 0,016—0,02 *мм*. Раскатывание осуществляют в несколько проходов, после каждого прохода замеряют диаметр отверстия. Режимы раскатывания приведены в табл. 73. Оправка для раскатки состоит из корпуса *1* с цилиндрическим хвостовиком для закрепления в расточном патроне, рычага *5* со сферическим наконечником *6*. Усилие на рычаге регулируется гайкой *2*, поджимающей пружину *3* и ограничительный стержень *4*. Раскатку отверстий рекомендуется производить при скорости 20 *м/мин* с обильным охлаждением веретенным маслом. Сферический наконечник может быть изготовлен из шарикоподшипника, а еще лучше из твердого сплава или алмаза

Продолжение табл. 70

Содержание операции и эскиз	Метод выполнения и последовательность переходов
Обработка фасонного гнезда	Резец, режущая часть которого изготовлена по форме профиля, устанавливается в расточной патрон. Рабочую подачу осуществляют подачей пиноли шпинделя. Предварительную обработку можно производить за несколько проходов, окончательную — обязательно по всему профилю фасонной части выемки. Число оборотов шпинделя минимальное. Резец смазывать натуральной олифой

Режимы резания

Режимы резания выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, материала режущей части резца, заданной чистоты и жесткости системы шпиндель—инструмент—деталь.

Период стойкости резца следует учитывать при выборе режима резания в случаях серийного производства, а также при относительно большой обрабатываемой поверхности (глубокие и большого диаметра отверстия).

71. Рекомендуемые режимы резания при растачивании резцами

Вид обработки	Материал резца	Скорость резания v в *м/мин* в зависимости от обрабатываемого материала					Подача s в *мм/об*	Глубина резания t в *мм*
		Сталь		Чугун	Силумин	Латунь		
		мягкая	твердая					
Предварительная	Сталь марки Р18	18	15	18	75	50	0,03—0,16	0,1—2,0
Чистовая	Сталь марки Р18	24	20	20	150	90	0,02—0,06	0,05—0,2
Черновая и чистовая	Твердый сплав	60	45	55	350	95	0,03—0,04	0,1—2,0

В табл. 71 приведены скорости резания, величины подач и диапазон припусков взависимости от обрабатываемого материала резца, рекомендуемые Ленинградским оптико-механическим объединением для станков с шириной стола до 630 *мм*.

Для станков, имеющих повышенную жесткость, рекомендуются режимы резания, приведенные в табл. 72 (по данным фирмы «СИП»).

72. Режимы резания, рекомендуемые для станка «Гидроптик-6А»

Вид обработки	Материал режущей части резца	Скорость резания v в *м/мин* в зависимости от обрабатываемого материала				Подача s в *мм/об*	Глубина резания t в *мм*
		Сталь		Чугун	Силумин		
		мягкая	твердая				
Получистовая, диаметр: до 50 *мм* 50—300 *мм*	Сталь марки Р18	20—30	18—25	—	—	0,1	3—4 6—7,5
до 50 *мм* 50—300 *мм*	Твердый сплав	—	—	60—80	150—250		3—6 10—15

Расчет режимов резания во всех случаях, имеющих отличие от рекомендуемых, следует производить по формулам и таблицам, приведенным в гл. 3.

Режимы раскатывания отверстий и тонкогб фрезерования на координатно-расточных станках приведена в табл. 73 и 74.

73. Режимы раскатывания отверстий

Обрабатываемый материал	Припуски на диаметр в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия		Максимальное число оборотов шпинделя n в минуту	Подача s в *мм/об*
	До 12 *мм*	От 12 до 30 *мм*		
Мягкая сталь	0,008	0,015	500	0,03
Алюминиевые и цинковые сплавы	0,02	0,03	600	0,06
Латунь	0,02	0,03	500	0,03
Бронза	0,015	0,025	600	0,06

74. Режимы резания при фрезеровании на координатно-расточных станках

Вид фрезерования	Материал зубьев фрезы	Скорость резания v в *м/мин* в зависимости от обрабатываемого материала				Подача на зуб s_z в *мм*	Глубина резания t в *мм*
		Сталь		Чугун	Силумин		
		мягкая	твердая				
Предварительное	Сталь марки Р18	20	12	18	200	0,03—0,05	0,20—0,30
Чистовое		25	15	20	240	0,01—0,02	0,05—0,15
Предварительное	Твердый сплав	55	40	60	300	0,004—0,008	0,20—0,40
Чистовое		60	45	70	450	0,002—0,004	0,05—0,20

ГЛАВА 4

КАЧЕСТВО РАСТАЧИВАНИЯ

Основными параметрами, определяющими качество растачивания, являются точность геометрии и расположения отверстий и чистота обработанных поверхностей.

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Государственным стандартом установлено 10 классов точности: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8, 9.

Характер соединения двух деталей определяется так называемой посадкой. Посадки бывают подвижными: скользящая (*С*), движения (*Д*) ходовая (*Х*) легкоходовая (*Л*), широкоходовая (*Ш*): неподвижные: горячая (*Гр*), прессовая 1-я (*Пр*1), прессовая 2-я (*Пр2*), прессовая 3-я (*Пр*3), прессовая (*Пр*), легкопрессовая (*Пл*) и переходные: глухая (*Г*), тугая (*Т*), напряженная (*Н*) и плотная (*П*).

Отклонения от номинальных размеров в чертежах указываются цифровыми величинами или буквенными обозначениями посадок. В первом случае вычисляют предельные размеры, а во втором — цифровые величины отклонений находят в таблицах допусков соответствующей системы.

В машиностроении приняты две системы допусков: система отверстия и система вала.

По системе отверстия для всех видов посадок, отнесенных к определенному классу точности и определенному интервалу номинальных диаметров, диаметр отверстия имеет постоянные предельные отклонения, а различные посадки обеспечиваются за счет изменения предельных отклонений вала.

Система вала, наоборот, характеризуется постоянными предельными отклонениями диаметра вала для всех посадок одного и того же класса точности и того же интервала номинальных диаметров, а различные посадки обеспечиваются за счет изменения предельных отклонений отверстия.

В машиностроении чаще имеет применение система отверстия, так как обеспечивать нужную посадку за счет обработки вала практически проще.

Ниже приводятся таблицы допусков по 1, 2 и 3-му классам точности (табл. 1—16).

Повышение точности обработки, если оно не определяется конструктивными или технологическими требованиями на обрабатываемую деталь, недопустимо, так как вызывает удорожание обработки. В связи с этим введено понятие экономической точности различных методов обработки (табл. 16).

1. Наименование стандартных посадок и обозначение полей допусков отверстий и валов

Наименование посадок	Группа посадок	Система отверстия						
		1	2	2а	3	3а	4	5
		Обозначения полей допусков отверстий						
		A_1	A	A_{2a}	A_3	A_{3a}	A_4	A_5
		Обозначение полей допусков вала						
Прессовая 3-я	С натягом	—	—	—	$Пр3_3$	—	—	—
Прессовая 2-я	С натягом	$Пр2_1$	—	$Пр2_{2a}$	$Пр2_1$	—	—	—
Прессовая 1-я	С натягом	$Пр1_1$	—	$Пр1_{2a}$	$Пр1_3$	—	—	—
Горячая	С натягом	—	$Гр$	—	—	—	—	—
Прессовая	С натягом	—	$Пр$	—	—	—	—	—
Легкопрессовая	С натягом	—	$Пл$	—	—	—	—	—
Глухая	Переходные	$Г_1$	$Г$	$Г_{2a}$	—	—	—	—
Тугая	Переходные	$Т_1$	$Т$	$Т_{2о}$	—	—	—	—
Напряженная	Переходные	$Н_1$	$Н$	$Н_2$	—	—	—	—
Плотная	Переходные	$П_1$	$П$	$П_{2a}$	—	—	—	—
Скользящая	С зазором	$С_1$	$С$	$С_{2a}$	$С_3$	$С_{3a}$	$С_4$	$С_5$
Движения	С зазором	$Д_1$	$Д$	—	—	—	—	—
Ходовая	С зазором	$Х_1$	$Х$	$Х_{2a}$	$Х_3$	—	$Х_4$	$Х_5$
Легкоходовая	С зазором	—	$Л$	—	—	—	$Л_4$	—
Широкоходовая	С зазором	—	$Ш$	—	$Ш_3$		$Ш_4$	—
Тепловая ходовая	С зазором	—	$ТХ$	—	—	—	—	—

Наименование посадок	Группа посадок	Система вала						
		1	2	2а	3	3а	4	5
		Обозначения полей допусков вала						
		$В_1$	$В$	$В_{2a}$	$В_3$	$В_{3a}$	$В_4$	$В_5$
		Обозначения полей допусков отверстий						
Прессовая 3-я	С натягом	—	—	—	—	—	—	—
Прессовая 2-я	С натягом	—	—	$Пр2_{2a}$	—	—	—	
Прессовая 1-я	С натягом	—	—	—	—		—	—
Горячая	С натягом	—	$Гр$	—	—	—	—	—
Прессовая	С натягом	—	$Пр$		—	—	—	—
Легкопрессовая	С натягом	—	—	—	—	—	—	—
Глухая	Переходные	$Г_1$	$Г$	$Г_{2a}$	—	—	—	—
Тугая	Переходные	$Т_1$	$Т$	$Т_{2a}$	—	—	—	—
Напряженная	Переходные	$Н_1$	$Н$	$Н_{2a}$	—	—	—	—
Плотная	Переходные	$П_1$	$П$	$П_{2a}$	—	—	—	—
Скользящая	С зазором	$С_1$	$С$	$С_{2a}$	$С_3$	$С_{3a}$	$С_4$	$С_5$
Движения	С зазором	$Д_1$	$Д$	—	—	—	—	—
Ходовая	С зазором	$Х_1$	$Х$	—	$Х_3$	—	$Х_4$	$Х_5$
Легкоходовая	С зазором	—	$Л$	—	—	—	$Л_4$	—
Широкоходовая	С зазором	—	$Ш$	—	$Ш_3$	—	$Ш_4$	—
Тепловая ходовая	С зазором	—	—	—	—	—	—	—

2. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 1-го класса точности системы отверстий для диаметров от 1 до 500 *мм*

Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500
A_1	н.	0	0	0	0	0	0	0		0		0			0	0	0
	в. +	6	8	9	11	13	15	18		21		24			27	30	35
$Пр2_1$	в. +	20	24	29	36	44	54	66	72	85	94	110	118	126	—	—	—
	н. +	15	19	23	28	35	43	53	59	71	79	82	100	108	—	—	—
$Пр1_1$	в. +	17	20	25	31	37	45	54	56	66	69	81	83	86	—	—	—
	н. +	12	15	19	23	28	34	41	43	51	54	63	85	68	—	—	—
$Г_1$	в. +	10	13	16	20	24	28	33		38		45			52	58	65
	н. +	6	8	9	11	13	16	19		23		26			30	35	40
$Т_1$	в. +	8	10	12	15	17	20	24		28		32			36	40	45
	н. +	4	5	6	7	8	9	10		12		14			16	18	20
$Н_1$	в. +	5	6	8	10	12	14	16		19		22			25	28	32
	н. +	1	1	2	2	2	2	3		3		4			4	4	5
$П_1$	в. +	2	3	4	5	6	7	8		9		10			11	13	15
	н. +	2	2	3	3	3	4	5		6		7			8	9	10
$С_1$	в.	0	0	0	0	0	0	0		0		0			0	0	0
	н. —	4	5	6	8	9	11	13		15		18			20	22	25
$Д_1$	в. —	3	4	5	6	7	9	10		12		14			16	18	20
	н. —	8	9	11	14	16	20	23		27		32			36	40	45
$Х_1$	в. —	6	10	13	16	20	25	30		36		43			50	56	68
	н. —	12	18	22	27	33	41	49		58		68			79	88	108

Примечания: 1. Отклонения вала $Пр2_1$ совпадают с отклонениями вала *S5* по ISA.
2. Отклонения вала $Пр1_1$ совпадают с отклонениями вала *r5* по ISA.

3. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 1-го класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм*

Посадки	Отклонения	Интервалы номинальных диаметров в *мм*											
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500
B_1	н.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	в. −	4	5	6	8	9	11	13	15	13	20	22	25
$Г_1$	н. −	10	13	16	20	24	28	33	38	45	52	58	65
	в. −	4	5	6	8	10	12	14	17	20	23	27	30
$Т_1$	н. −	8	10	12	15	17	20	24	28	32	36	40	45
	в. −	2	2	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10
$Н_1$	н. −	5	7	8	10	12	14	16	19	22	25	28	32
	в. +	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	5
$П_1$	н. −	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15
	в. +	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
$С_1$	н.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	в. +	6	8	9	11	13	15	18	21	24	27	30	35
$Д_1$	н. +	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	18	20
	в. +	10	12	14	17	20	25	29	34	39	43	48	55
$Х_1$	н. +	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	68
	в. +	16	22	28	34	41	50	60	71	83	96	108	131

4. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 2-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (посадки с натягом)

Посадки	Отклонен	Интервалы номинальных диаметров в *мм*																		
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 220	Св. 220 до 260	Св. 260 до 310	Св. 310 до 360	Св. 360 до 440	Св. 440 до 500
А	н. в. +	0 10	0 13	0 16	0 19	0 23	0 27		0 30		0 35		0 40		0 45		0 50		0 60	
Гр	н. + в. +	27 17	38 20	39 23	48 29	62 39	77 50	87 60	105 75	120 90	140 105	160 125	190 150	220 180	260 215	300 255	350 300	400 350	475 415	545 485
Пр	в. + н. +	18 12	23 15	28 18	34 22	42 28	52 35		65 45		85 60	95 70	110 80	125 95	145 115	165 135	195 160	220 185	260 220	300 260
Пл	в. + н. +	16 10	21 13	26 16	32 20	39 25	47 30		55 35		70 45		85 58		105 75		135 100		170 130	

Примечание. Для применения посадок *Гр* и *Пр*, в особенности при массовом производстве, рекомендуется предварительная опытная проверка.

5. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 2-го класса точности системы отверстий (посадки переходные и посадки с зазором)

Посадки	Отклонения	Интервалы номинальных диаметров в *мм*																			
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 220	Св. 220 до 260	Св. 260 до 310	Св. 310 до 360	Св. 360 до 440	Св. 440 до 500
А	н. в. +	0 10	0 13	0 16	0 19	0 23	0 27		0 30		0 35		0 40			0 45		0 50		0 60	
Г	в. + н. +	13 6	16 8	20 10	24 12	30 15	35 18		40 20		45 23		52 25			60 30		70 35		80 40	
Т	в. + н. +	10 4	13 5	16 6	19 7	23 8	27 9		30 10		35 12		40 13			45 15		50 15		60 20	
Н	в. + н. +	7 1	9 1	12 2	14 2	17 2	20 3		23 3		26 3		30 4			35 4		40 4		45 5	
П	в. + н. —	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8		10 10		12 12		14 14			16 16		18 18		20 20	
С	в. + н. —	0 6	0 8	0 10	0 12	0 14	0 17		0 20		0 23		0 27			0 30		0 35		0 40	
Д	в. — н. —	3 9	4 12	5 15	6 18	8 22	10 27		12 32		15 38		18 45			22 52		26 60		30 70	
Х	в. — н. —	8 18	10 22	13 27	16 33	20 40	25 50		30 60		40 75		50 90			60 105		70 125		80 140	
Л	в. — н. —	12 25	17 35	23 45	30 55	40 70	50 85		65 105		80 125		100 155			120 180		140 210		170 245	
Ш	в. — н. —	18 35	25 45	35 60	45 75	60 95	75 115		95 145		120 175		150 210			180 250		210 290		250 340	
ТХ	в. — н. —	60 74	70 88	80 102	95 122	110 143	120 159	130 169	140 186	150 196	170 224	180 234	200 263	210 273	230 299	260 332	290 362	330 411	360 441	410 507	480 577

6. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 2-го класса точности системы вала (посадки с натягом)

Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 220	Св. 220 до 260	Св. 260 до 310	Св. 310 до 360	Св. 360 до 440	Св. 440 до 500
		Интервалы номинальных диаметров в *мм*																		
В	в.	0	0	0	0	0	0		0		0		0		0		0		0	
	н. —	6	8	10	12	14	17		20		23		27		30		35		40	
Гр	н. —	27	33	39	48	62	77	87	105	120	140	160	190	220	260	300	350	400	475	545
	в. —	13	15	17	22	30	40	50	65	80	93	113	137	167	200	240	285	335	395	465
Пр	н. —	18	23	28	34	42	52		65		85	95	110	125	145	165	195	220	260	300
	в. —	8	10	12	15	19	25		35		50	50	70	85	100	120	145	170	200	240

П р и м е ч а н и е. Для применения посадок *Гр* и *Пр*, в особенности при массовом производстве, рекомендуется предварительная опытная проверка.

7. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 2-го класса точности системы вала (посадки переходные и посадки с зазором)

Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500
		Интервалы номинальных диаметров в *мм*											
В	в.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	н. —	6	8	10	12	14	17	20	23	27	30	35	40
Г	н. —	13	16	20	24	30	35	40	45	52	60	70	80
	в. —	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20

Продолжение табл. 7

Посадки	Отклонения	Интервалы номинальных диаметров в *мм*											
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500
Т	н. —	10	13	16	19	23	27	30	35	40	45	50	60
	в. —	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Н	н. —	7	9	12	14	17	20	23	26	30	35	40	45
	в. —	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15
П	н. —	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	в. +	7	9	11	13	16	18	20	23	27	30	35	40
С	н.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	в. +	10	13	16	19	23	27	30	35	40	45	50	60
Д	н. +	3	4	5	6	8	10	12	15	18	22	26	30
	в. +	13	17	21	25	30	35	42	50	60	70	80	90
Х	н. +	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	70	80
	в. +	22	27	33	40	50	60	70	90	105	120	140	160
Л	н. +	12	17	23	30	40	50	65	80	100	120	140	170
	в. +	30	40	50	60	80	95	115	140	170	200	230	270
Ш	+	18	25	35	45	60	75	95	120	150	180	210	250
	+	38	50	65	80	105	125	155	190	230	270	310	365

8. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 2а класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм*

Посадки	Отклонения	Интервалы номинальных диаметров в *мм*: От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 220	Св. 220 до 260	Св. 260 до 310	Св. 310 до 360	Св. 360 до 440	Св. 440 до 500
A_{2a}	н.	0	0	0	0	0		0		0		0		0			0		0		0	
	в. +	14	18	22	27	33		39		46		54		63			73		84		95	
$Пр2_{2a}$	в. +	32	41	50	60	74	81	99	109	133	148	178	198	233	253	273	308	356	431	471	557	637
	н. +	18	23	28	33	41	48	60	70	87	102	124	144	170	190	210	236	284	350	390	460	540
$Пр1_{2a}$	в. +	24	31	38	46	56		68		83	89	106	114	132	140	148	168	186	222	242	283	315
	н. +	15	19	23	28	35		43		53	59	71	79	92	100	108	122	140	170	190	220	252
$Г_{2a}$	в. +	15	20	25	30	36		42		50		58		67			78		90		102	
	н. +	6	8	10	12	15		17		20		23		27			31		36		40	
$Т_{2a}$	в. +	—	16	21	25	29		34		41		48		55			64		74		85	
	н. +	—	4	5	7	8		9		11		13		15			17		20		23	
$Н_{2a}$	в. +	10	13	16	19	23		27		32		38		43			51		58		67	
	н. +	1	1	1	1	2		2		2		3		3			4		4		5	
$П_{2a}$	в. +	7	9	10	12	13		15		18		20		22			24		27		31	
	н. —	2	3	5	6	8		10		12		15		18			23		27		31	
$С_{2a}$	в.	0	0	0	0	0		0		0		0		0			0		0		0	
	н. —	9	12	15	18	21		25		30		35		40			47		54		62	
$Х_{2a}$	в. —	6	10	13	16	20		25		30		36		43			50		56		68	
	н. —	20	28	35	43	53		64		76		90		106			122		137		165	

9. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 2а класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм*

Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 220	Св. 220 до 260	Св. 260 до 310	Св. 310 до 360	Св. 360 до 440	Св. 440 до 500
B_{2a}	в. н. —	0 9	0 12	0 15	0 18	0 21		0 25		0 30		0 35		0 40			0 47		0 54		0 62	
$Пр2_{2a}$	н. — в. —	32 18	41 23	50 28	60 33	74 41	81 48	99 60	09 70	133 87	148 102	178 124	198 144	233 170	253 190	273 210	308 236	356 284	431 350	471 390	557 460	637 540
$Г_{2a}$	н. — в. —	15 1	20 2	25 3	30 3	36 3		42 3		50 4		58 4		67 4			78 5		90 6		102 7	
$Т_{2a}$	н. — в. +	— —	17 1	21 1	25 2	29 4		34 5		41 5		48 6		55 8			64 9		74 10		85 10	
$Н_{2a}$	н. — в. +	10 4	13 5	16 6	19 8	23 10		27 12		32 14		38 16		43 20			51 22		58 26		67 28	
$П_{2a}$	н. — в. +	7 7	9 9	10 12	12 15	13 20		15 24		18 28		20 34		22 41			24 49		27 57		31 64	
$С_{2a}$	н. в. +	0 14	0 18	0 22	0 27	0 33		0 39		0 46		0 54		0 63			0 73		0 84		0 95	

10. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 3-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (прессовые посадки)

Посадки	Отклонения	Интервалы номинальных диаметров в *мм*																	
		Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 220	Св. 220 до 260	Св. 260 до 310	Св. 310 до 360	Св. 360 до 440	Св. 440 до 500
A_3	н. в. +	0 25	0 30	0 35	0 45	0 50		0 60		0 70		0 80		0 90		0 100		0 120	
$Пр3_3$	в. + н. +	— —	100 70	115 80	145 100	165 115	175 125	210 150	225 165	260 190	280 210	325 245	355 275	410 320	450 360	515 415	565 465	670 550	740 620
$Пр2_3$	в. + н. +	— —	70 40	80 45	100 55	115 65	125 75	150 90	165 105	195 125	210 140	245 165	275 195	325 235	365 275	420 320	470 370	550 430	620 500
$Пр1_3$	в. + н. +	55 30	65 35	75 40	95 50	110 60		135 75		160 90		185 105	200 120	230 140	250 160	285 185	305 205	365 240	395 275

Примечание. Для применения этих посадок, особенно в массовом производстве, рекомендуется предварительная опытная проверка.

11. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 3-го класса точности (посадки с зазором)

Система отверстия		Интервалы номинальных диаметров в *мм*												Система вала	
Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500	Отклонения	Посадки
A_3	н. в. +	0 20	0 25	0 30	0 35	0 45	0 50	0 60	0 70	0 80	0 90	0 100	0 120	в. — н.	B_3
C_3	в. н. —	0 20	0 25	0 30	0 35	0 45	0 50	0 60	0 70	0 80	0 90	0 100	0 120	н. + в.	C_3
X_3	в. — н. —	7 32	11 44	15 55	20 70	25 85	32 100	40 120	50 140	60 165	75 195	90 225	105 255	+ н. + в.	X_3
$Ш_3$	в. — н. —	17 50	25 65	35 85	45 105	60 130	75 160	95 195	120 235	150 285	180 330	210 380	250 440	+ н. — в.	$Ш_3$

12. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 3а класса точности

Система отверстия		Интервалы номинальных диаметров в *мм*												Система вала	
Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500	Отклонения	Посадки
$A_{3а}$	н. в. +	0 40	0 48	0 58	0 70	0 84	0 100	0 120	0 140	0 160	0 185	0 215	0 250	в. — н.	$B_{3а}$
$C_{3а}$	в. н. —	0 40	0 48	0 58	0 70	0 84	0 100	0 120	0 140	0 160	0 185	0 215	0 250	н. + в.	$C_{3а}$

13. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 4-го класса точности

Система отверстия		Интервалы номинальных диаметров в *мм*												Система отверстия	
Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500	Отклонения	Посадки
A_4	в. в. +	0 60	0 80	0 100	0 120	0 140	0 170	0 200	0 230	0 260	0 300	0 340	0 380	в. — н.	B_4
C_4	в. н. —	0 60	0 80	0 100	0 120	0 140	0 170	0 200	0 230	0 260	0 300	0 340	0 380	н. + в.	C_4
X_4	в. — н. —	30 90	40 120	50 150	60 180	70 210	80 250	100 300	120 350	130 400	150 450	170 500	190 570	+ н. + в.	X_4
$Л_4$	в. — н. —	60 120	80 160	100 200	120 240	140 280	170 340	200 400	230 460	260 530	300 600	340 680	380 760	+ н. + в.	$Л_4$
$Ш_4$	в. — н. —	120 180	160 240	200 300	240 360	280 420	340 500	400 600	460 700	530 800	600 900	680 1000	760 1100	+ н. + в.	$Ш_4$

14. Предельные отклонения валов и отверстий в *мк* посадок 5-го класса точности

Система отверстия		Интервалы номинальных диаметров в *мм*				
Посадки	Отклонения	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30
A_5	н. в. +	0 120	0 160	0 200	0 240	0 280
C_5	в. н. —	0 120	0 160	0 200	0 240	0 280
X_5	в. — н. —	60 180	30 240	100 300	120 360	140 420

Система отверстия		Интервалы номинальных диаметров в *мм*				
Посадки	Отклонения	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 160	Св. 160 до 260
A_5	н. в. +	0 340	0 400	0 460	0 530	0 600
C_5	в. н. —	0 340	0 400	0 460	0 530	0 600
X_5	в. — н. —	170 500	200 600	230 700	260 800	300 900

Система отверстия		Интервалы номинальных диаметров в *мм*		Система отверстия	
Посадки	Отклонения	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500	Отклонения	Посадки
A_5	н. в. +	0 680	0 760	— в. — н.	B_5
C_5	в. н. —	0 680	0 760	+ н. + в.	C_5
X_5	в. — н. —	340 1000	380 1100	+ н. + в.	X_5

15. Условные обозначения допускаемых отклонений от геометрической формы и расположения плоскостей

Отклонения	Обозначение на чертеже	Пояснение к обозначению на чертеже
Овальность	Овальность 0,09; ⌀ 40	Овальность по ⌀ 40*В* не более 0,09 *мм*
Непрямолинейность	0,01; ⌀ 40	Отклонение от прямолинейности образующих не более 0,01 *мм* на всей длине шейки ⌀ 40
Конусность	0,05:100	Конусность не более 0,05 *мм* на 100 *мм* длины детали
	Конусность не более 0,01; ⌀ 20	Разность диаметров шейки в крайних сечениях не более 0,01 *мм*. Уменьшение диаметра допускается только в направлении, указанном стрелкой
Несоосность	0,02	Отклонение от соосности отверстия не более 0,02 *мм*
	d_2; d_1; d_3; d_4; D; d_1 / D 0,008; d_2 / D 0,006; d_3 / D 0,005; d_4 / D 0,003	Отклонение от соосности ступеней относительно диаметра D: d_1 не более 0,008 *мм*; d_2 не более 0,006 *мм*; d_3 не более 0,005 *мм*; d_4 не более 0,003 *мм*

Продолжение табл. 15

Отклонения	Обозначение на чертеже	Пояснение к обозначению на чертеже
Радиальное биение	0,1 0,2 0,1	Биение при контроле в центрах на участках *А* и *С* не более 0,1 *мм*, на участке *В* не более 0,2 *мм*
	0,2	Биение наружной поверхности относительно внутренней не более 0,2 *мм*
	A B C 0,05 0,05	Биение поверхностей *А* и *С* относительно *В* не более 0,05 *мм*
Торцовое биение	0,05	Биение торца при проверке на оправке в центрах не более 0,05 *мм*
	0,05:100	Биение торца при проверке на оправке в центрах не более 0,01 *мм* на расстоянии 100 *мм* от оси
Неперпендикулярность	0,01:100	Отклонение от перпендикулярности плоскости *А* к плоскости *В* по угольнику не более 0,01 *мм* на длине 100 *мм*

Продолжение табл. 15

Отклонения	Обозначение на чертеже	Пояснение к обозначению на чертеже
Непараллельность	0,02; 1 2	Непараллельность осей отверстий *1* и *2* не более 0,02 *мм*
	0,03 0,03; 1 2 3	Непараллельность осей отверстий *1* и *3* относительно оси 2 не более 0,03 *мм*
Непараллельность	0,01	Непараллельность оси отверстий относительно базовой поверхности не более 0,01 *мм*
	A; 0,02; B	Отклонение от параллельности плоскости *A* относительно опорной плоскости *B* не более 0,02 *мм*
	A; 0,02:300; B	Отклонение от параллельности плоскости *A* к плоскости *B* не более 0,02 *мм* на длине 300 *мм*
Неплоскостность (непрямолинейность в любом направлении)	A; 0,02:100	Отклонение от плоскости поверхности *A* не более 0,02 *мм* на длине 100 *мм*
Несимметричность	0,1	Несимметричность паза относительно наружной поверхности цилиндра не более 0,1 *мм*

16. Экономическая точность методов обработки

Метод обработки	Класс точности		Средняя экономическая точность в *мм*	Пределы колебаний в *мм*
	Средняя экономическая точность	Пределы колебаний	для размеров 50—80 *мм*	
Обточка, растачивание, зенкерование:				
черновые	5	4—7	0,4	0,2—0,8
чистовые	4	3—4	0,2	0,12—0,2
точные	3	2а—3а	0,06	0,03—0,12
Тонкая обточка и расточка	2	1—2а	0,02	0,01—0,03
Фрезерование:				
черновое	4	3а—5	0,2	0,12—0,4
чистовое	3	2а—4		
Сверление	5	4—7	0,4	0,2—0,8
Развертывание чистовое	2	1—2а	0,03	0,01—0,05
Протягивание чистовое	2	1—2	0,03	0,01—0,03
Шлифование:				
точное	2	1—2а	0,02	0,01—0,03
тонкое	1-го класса точности	1—2	0,02	0,01—0,03
Притирка	1-го класса точности	—	—	—

ЧИСТОТА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Согласно Государственному стандарту существует 14 классов чистоты обработанной поверхности.

Чистота поверхности при расточке зависит от величины подачи инструмента на один оборот шпинделя, величины радиуса закругления вершины резца, углов заточки резца, величины затупления (износа) режущих граней инструмента, жесткости системы СПИД (станок—приспособление—инструмент—деталь) и других различных факторов.

В табл. 17 приводится зависимость между видами обработки, классами чистоты поверхности и классами точности.

17. Чистота поверхности и получаемая точность при различных видах обработки

Виды обработки	Классы чистоты														Классы точности	
	▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7	▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14	экономической	достигаемой
Подрезка торцов:																
черновая	■	■	■												5—7	2
чистовая				■	■										2—5	
Сверление			■	■	■											
Зенкерование:																
черновое			■	■	■											
чистовое						■									4—7	3
Растачивание:																
черновое			■	■											5—7	
чистовое					■	■									2—5	
тонкое							■	■	■						2	1
Развертывание:																
чистовое					■	■										
тонкое							■	■							2	1

Продолжение табл. 17

Виды обработки	Классы чистоты														Классы точности	
	∇1	∇2	∇3	∇4	∇5	∇6	∇7	∇8	∇9	∇10	∇11	∇12	∇13	∇14	экономической	достигаемой
Фрезерование:																
черновое		■	■	■											5—7	
чистовое					■	■	■								4—7	
тонкое							■	■							3	2а
Нарезание резьбы метчиком					■	■									2—3	—
Калибрование шариками и роликами:																
после сверления и растачивания							■	■	■						2—3	1
после развертывания и чистового растачивания							■	■	■	■	■	■				
Раскатывание										■	■	■			2—3	1

ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА РАСТОЧКИ

Для успешного проведения контрольно-измерительных операций в хорошо организованном расточном участке имеется поверочная плита высокого класса точности, установленная на деревянной или металлической опоре. Размеры поверочной плиты определяются габаритными размерами обрабатываемых на расточных станках деталей.

В качестве необходимых принадлежностей на плите должны находиться установочный угольник, пустотелые и прямоугольные призмы. Комплект измерительного инструмента должен состоять из различной высоты штангенрейсмусов с державками для индикаторов, комплекта плоскопараллельных плиток, различных индикаторов, нутромеров и т. д.

Предельный или специальный инструмент получают в инструментальных раздаточных кладовых в необходимых случаях для проверки отдельных параметров обработанной детали.

На контрольном рабочем месте в качестве постоянного должен быть комплект контрольных валиков.

Методы контроля точности обработанных деталей

Плоские поверхности проверяют различными способами: с помощью лекальной линейки, поверочной линейки, индикатора. Лекальной линейкой прямолинейность плоскости определяют «на просвет» т. е.

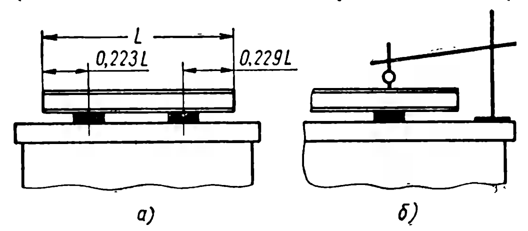


Рис. 1. Способы проверки плоскостей:
а — при помощи плоскопараллельных плиток; *б* — при помощи индикатора

величина непрямолинейности определяется по величине просвета (щели) между мерительной плоскостью лекальной линейки и проверяемой плоскостью. Поверочной линейкой плоскости проверяют с помощью краски (берлинская лазурь или сажа), которую наносят на плоскость линейки тонким слоем, а затем линейку накладывают по диагонали и на проверяемую плоскость, слегка перемещают и по равномерности следов краски (контакту) на плоскости определяют ее качество.

Открытую плоскость детали можно проверять непосредственно на поверочной плите также с помощью контакта на краску или при помощи плоскопараллельных плиток.

Плоскость сплошных поверхностей можно проверять по величине зазора, измеряемого плоскопараллельными плитками, между проверяемой плоскостью и поверочной линейкой (рис. 1, *а*). Для этого

поверочную линейку кладут на две одинаковые по размерам плитки на расстояниях от концов 0,223 ее длины, а затем проверяют величину зазора в различных местах. Изменение величины зазора от первоначально установленной будет указывать на отклонение в точности измеряемой плоскости.

Ту же плоскость можно проверить и с помощью индикатора на стойке (рис. 1, *б*). Перемещая стойку вдоль линейки по измеряемой плоскости так, чтобы измерительный штифт все время касался ее, можно наблюдать за отклонением стрелки индикатора. Эти отклонения и характеризуют величину неплоскостности проверяемой поверхности.

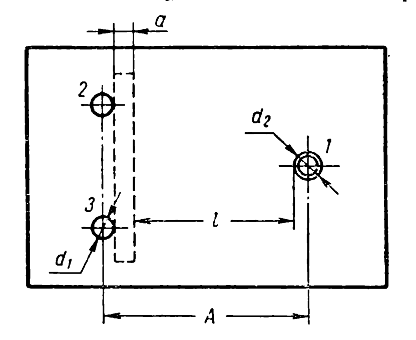


Рис. 2. Проверка системы отверстий, находящейся в одной плоскости

Расположение осей отверстий от плоскостей детали проверяют по двум параметрам: размерной величиной их расположения и параллельностью (перпендикулярностью) их осей относительно заданной плоскости. Способы проверки приведены в табл. 18.

Проверку систем отверстий в различных деталях можно производить различными способами. Если, например, система отверстий выполнена в одной плоскости на относительно небольшой детали (матрица вырубного штампа — рис. 2), то такую деталь проверяют с помощью плоскопараллельных плиток и контрольных оправок. Координаты отверстий желательно использовать заданные по чертежу, а в случаях невозможности, их надо пересчитывать, применяя формулы тригонометрии.

Симметричность расположения отверстия *1* $\left(\text{расстояние } \frac{A}{2}\right)$ относительно отверстий *2* и *3* можно определить, замерив расстояния между отверстиями *1* и *2* и *1* и *3*.

Расстояние l легко замерить набором плоскопараллельных плиток с применением параллельной точно измеренной плитки (показана пунктиром). в этом случае $A = l + a \times \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2}$.

Систему отверстий, выполненных вне зависимости от базы, следует проверять с установкой детали на два домкрата и угольника или, если позволяет деталь, на три домкрата. В некоторых случаях небольшие детали можно устанавливать с помощью вставленных контрольных валиков в разноудаленные от базы отверстия и набора плоскопараллельных плиток.

Во всех случаях надо иметь в виду, что правильное применение при контрольных работах плоскопараллельных плиток, чувствительных индикаторов, высокого класса контрольных плит, призм и угольников обеспечивает высокое качество контроля растачиваемых деталей.

Возможные погрешности обработки отверстий, причины их возникновения и способы их устранения приведены в табл. 19.

18. Способы проверки расположения отверстий

Эскиз проверки	Что проверяется	Принадлежность и инструмент	Способ проверки
		Поверочная плита, параллельные подкладки, штангенрейсмус с державкой и индикатором, контрольный валик	Деталь устанавливают базовой поверхностью на параллельные (комплектные) подкладки. Индикатором, установленным на штангенрейсмус, проверяют по максимальному отклонению стрелки высоту обоих концов валика от плиты. Разница в показаниях стрелки указывает величину непараллельности отверстия от плоскости
	Параллельность и размер оси отверстия от плоскости	Поверочная плита, параллельные подкладки, контрольный валик, плоскопараллельные плитки	Набором (блоком) плоскопараллельных плиток проверяется параллельность и размер оси отверстия от плоскости
		Поверочная плита, параллельные подкладки, контрольный валик, плоскопараллельные плитки, штангенрейсмус с индикатором	К набору плоскопараллельных плиток размером $H+\frac{D}{2}$ подводится штифт индикатора и устанавливается с небольшим натягом в нулевое положение циферблата. Сравнивая с максимальным отклонением стрелки индикатора при перемещении по валику, определяют действительный размер и параллельность расположения отверстия от поверхности

Продолжение табл. 18

Эскиз проверки	Что проверяется	Принадлежность и инструмент	Способ проверки
	Расстояние и параллельность отверстия относительно плоскости, не являющейся установочной	Валик по диаметру отверстия, контрольная линейка, набор плоскопараллельных плиток	Размер *H* — расстояние между образующей цилиндра валика и плоскостью контрольной линейки проверяется набором плоскопараллельных плиток. Проверкой в двух точках определяют отклонение в параллельности
	Расстояние и параллельность между отверстием и боковой плоскостью	Угольник, валик, подставка с индикатором, набор плоскопараллельных плиток	Угольник устанавливают к плоскости детали. Размер *A* проверяют набором плоскопараллельных плиток. Параллельность отверстия относительно боковой плоскости проверяют индикатором, закрепленным в подставке, устанавливаемой к плоскости угольника
	Соосность двух отверстий	Контрольный втулка	В расточенные отверстия вводят контрольный валик. При соблюдении соосности отверстий в корпусе валик легко входит и вращается в отверстиях

Продолжение табл. 18

Эскиз проверки	Что проверяется	Принадлежность и инструмент	Способ проверки
	Соосность двух отверстий	Валики, индикатор с державкой	На один из валиков, вставленных в отверстия, закрепляют индикатор *2* при помощи державки *1*. Лапку индикатора устанавливают с небольшим натягом. Вращая валик с индикатором, определяют величину отклонения стрелки. Величина смещения *a* будет соответствовать половине величины отклонения стрелки. Рекомендуется проверять в двух точках, перемещая валик с индикатором в осевом направлении
	Расстояние между осями отверстий	Штангенциркуль	Штангенциркулем с ножевидными губками замеряют расстояние между отверстиями l. Размер $A = l + \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2}$
		Валики, плоскопараллельные плитки	Расстояние между плотно вставленными в отверстия валиками проверяется набором плоскопараллельных плиток. Размер $A = l + \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2}$

Продолжение табл. 18

Эскиз проверки	Что проверяется	Принадлежность и инструмент	Способ проверки
	Расположение отверстий на одной высоте от базовой плоскости	Валики, штангенрейсмус, индикатор	Расстояние до верхней образующей цилиндра валика проверяется с помощью штангенрейсмуса на плите. Для более точных измерений в штангенрейсмус устанавливают рычажный или часового типа индикатор
	Пересечение осей отверстий, расположенных в различных направлениях	Валики со срезанными до половины диаметра концами	Валики соответствующих диаметров вводят в отверстия детали до пересечения срезанными плоскостями. Легкое без наличия зазора перекрытие срезанных плоскостей указывает на пересечение осей отверстий

Продолжение табл. 18

Эскиз проверки	Что проверяется	Принадлежность и инструмент	Способ проверки
	Перпендикулярность осей отверстий	Валики, державка с индикатором, упор	На валик *1* устанавливают державку *2* с индикатором. После соприкосновения штифта индикатора со вторым валиком *3* на первом валике закрепляют кольцевой упор *4*. Замечая величину максимального отклонения стрелки при поворачивании индикатора, определяют по разнице ее величину неперпендикулярности валика *3* на длине l
	Расстояние от оси отверстия до торца бобышки или плоскости	Валик, плитка, набор плоскопараллельных плиток	К торцу бобышки прикладывают параллельную с определенным размером плитку *1*. Размер l измеряют при помощи плоскопараллельных плиток. Размер $A = l + a$

Продолжение табл. 18

Эскиз проверки	Что проверяется	Принадлежность и инструмент	Способ проверки
	Перпендикулярность торца бобышки к оси отверстия	Шаблон на перпендикулярность	Торцовая плоскость *М* валика выполняется строго перпендикулярно оси цилиндра *d*. Наличие неперпендикулярности *f* определяют плоским щупом или на «окраску»
	Перпендикулярность торца бобышки и оси сквозного отверстия	Угольник, валик, державка с индикатором	Индикатор при помощи державки *3* закрепляют на валике *2*, который пропускают в отверстие детали до упора в угольник *1*. По отклонению стрелки при вращении валика с индикатором определяют величину неперпендикулярности торца от оси отверстия. В зацентровку валика со стороны угольника рекомендуется ставить на тавоте (техническом вазелине) небольшой шарик для предупреждения осевых перемещений валика
	Размер отверстия или расстояний между отверстиями	Плоскопараллельные плитки с приспособлением для набора блока	Необходимый размер набирают из плоскопараллельных плиток с учетом размера двух мерительных губок. Зажатые в приспособлении плитки образуют как бы монолитный меритель. Приспособление позволит измерять внутренние и наружные размеры

19. Возможные погрешности обработки отверстий, наружных цилиндрических и торцовых поверхностей, причины возникновения и способы их устранения

Вид погрешности	Причины возникновения	Способы устранения
Размер отверстия вышел из поля допуска	Неправильная установка резца на размер	Контролировать установку резца микрометрическими приборами и калибрами
	Нежесткое закрепление резца и отжим оправки (или борштанги)	Подбор наиболее жесткой оправки (борштанги) при наименьшем общем вылете. Использовать резец квадратного сечения
	Отклонения геометрических размеров инструмента	Заменить режущий инструмент
	Производилась чистовая обработка еще неостывшей детали	Производить отдельно чистовую и черновую обработки. Измерять деталь после ее охлаждения
	Велик припуск под развертывание	Оставлять припуск, рекомендуемый по табл.
	Развертка имеет радиальное биение	Проверять установку развертки индикатором. Пользоваться качающимся патроном
	Неправильное измерение отверстия при пробном растачивании	Не допускать применения усилий при измерении и перекоса измерительных инструментов. Пользоваться рычажными индикаторными калибрами

Продолжение табл. 19

Вид погрешности	Причины возникновения	Способы устранения
Размер внешней цилиндрической поверхности вышел из поля допуска	Неправильная установка резца на размер	Контролировать установку резца пробным обтачиванием на небольшой длине
	Нежесткое закрепление резца и отжим оправки	Применять жесткие оправки с наименьшим вылетом. Пользоваться резцами квадратного сечения
	Радиальный суппорт планшайбы не закреплен после установки резца на размер	Закреплять суппорт после установки резца на размер с повторным контролем установки после закрепления
	Неправильное измерение диаметра при пробном чистом обтачивании (пояска)	Не допускать применения усилий при измерениях. Не перекашивать измерительный инструмент
Неточность формы: а) овальность (допускается не более половины допуска на диаметр)	Неравномерное распределение припуска по окружности	Растачивать отверстия одним резцом перед зенкерованием или развертыванием. Увеличить число проходов
	Неодинаковая твердость материала по окружности	Применять резцы с углом в плане 90° и малым радиусом закругления при вершине. Производить обработку зенкерами и развертками
	Большой вес цельной многолезвийной развертки при работе с качающимся патроном	Работать пластинчатыми развертками. Не применять тяжелых разверток
	Овальность подшипников шпинделя и втулок люнета задней стойки	Систематически проверять состояние подшипников станка. Чрезмерно большие зазоры устранять регулировкой

Продолжение табл. 19

Вид погрешности	Причины возникновения	Способы устранения
б) конусность (допускается не более половины допуска на диаметр)	Возрастающий отжим резца по мере выдвижения шпинделя	Работать с меньшим общим вылетом. Применять развертки, в том числе и плавающие пластинчатые. Работать подачей детали на инструмент (подача столом)
	Износ резца	Применять доведенный и твердосплавный инструмент. Ввести дополнительный проход
	Переменность зазоров во втулках расточного шпинделя и втулке люнета задней стойки при работе борштангой, имеющей конусность	Применять борштанги без конусности, производить обработку развертками. В качестве дополнительной опоры расточного шпинделя применять выносные втулки-стаканы
в) вогнутость (седловидность)	Нежесткость борштанги, ее переменный прогиб по мере удаления от опор	Применять более жесткие борштанги. Вести растачивание при подаче столом, использовать развертки
г) бочкообразность	Непрямолинейность направляющих салазок стола и большие зазоры в них	Ремонт станка. Подтянуть клинья и прижимные планки
Неточность взаимного расположения: а) несоосность отверстий, расположенных на одной оси	Применение режимов обработки, недопустимых по жесткости инструмента	Уменьшить режимы обработки. Ввести дополнительные опоры оправок
	Ошибки в установке оси шпинделя по оси отверстий при растачивании с двух сторон	По возможности не применять растачивания с двух сторон. Пользоваться рекомендуемыми выверками оси шпинделя по оси отверстия при работе с двух сторон
	Неравномерная твердость материала по окружности отдельных отверстий детали или неравномерное распределение припуска	Ввести дополнительные проходы

Продолжение табл. 19

Вид погрешности	Причины возникновения	Способы устранения
	Растачивание одного отверстия при подаче шпинделем, а другого при подаче столом	Не допускать чередования способов осуществления подач при обработке соосных отверстий
	Смещение детали в процессе обработки	Улучшить надежность закрепления детали. Установить дополнительные упоры
	Прогиб борштанги от собственного веса (переменный по ее длине)	Применять внутренние люнеты как дополнительные опоры к борштангам
б) непараллельность отверстий	Ось борштанги непараллельна плоскости стола и несоосна шпинделю	Проверять положение борштанги от плоскости стола в горизонтальной и вертикальной плоскостях
	При консольной обработке ось шпинделя непараллельна плоскости стола	Выверять деталь по базовым поверхностям на их параллельность оси расточного шпинделя при консольном растачивании
	Деталь деформирована при ее закреплении. Базовая поверхность основания не является точной плоскостью	Проверять установку детали до ее закрепления путем проверки щупом от плоскости стола. Контролировать правильность закрепления индикатором, не допуская деформации детали

Приложение

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Общие требования техники безопасности: 1. При получении новой (незнакомой) работы требовать от мастера дополнительного инструктажа по технике безопасности.

2. При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других.

3. На территории завода (во дворе, здании, на подъездных путях) выполнять следующие правила:

а) быть внимательным к сигналам, подаваемым крановщиками электрокранов и водителями движущегося транспорта, и выполнять их;

б) не находиться под поднятым грузом;

в) не проходить в местах, не предназначенных для прохода, не подлезать под стоящий железнодорожный состав и не перебегать путь впереди движущегося транспорта;

г) не переходить в неустановленных местах через конвейеры и рольганги и не подлезать под них, не заходить без разрешения за ограждения;

д) не прикасаться к электрооборудованию, клеммам и электропроводам, арматуре общего освещения и не открывать дверец электрошкафов;

е) не включать и не останавливать (кроме аварийных случаев) машин, станков и механизмов, работа на которых не поручена администрацией цеха.

4. В случае травмирования или недомогания прекратить работу, известить об этом мастера и обратиться в медпункт.

Специальные требования безопасности. А. Перед началом работы: 1. Привести в порядок свою рабочую одежду: застегнуть или обхватить широкой резинкой обшлага рукавов; заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов одежды: убрать концы галстука, косынки или платка; надеть плотно облегающий головкой убор и подобрать под него волосы.

Работа в легкой обуви (тапочках, сандалиях, босоножках) запрещается.

2. Внимательно осмотреть рабочее место, привести его в порядок, убрать все загромождающие и мешающие в работе предметы. Инструмент, приспособления, необходимый материал и детали для работы расположить в удобном и безопасном для пользования порядке. Убедиться в исправности рабочего инструмента и приспособлений.

3. Проверить, чтобы рабочее место было достаточно освещено и свет не слепил глаза. Убедиться, что напряжение местного освещения не превышает 36 *в*.

4. Если необходимо пользоваться переносной электрической лампой, проверить наличие на лампе защитной сетки, исправность шнура и изоляционной резиновой трубки. Напряжение переносных электрических ламп не должно превышать 12 *в*.

5. При работе с талями проверить их исправность, приподнять груз на небольшую высоту и убедиться в надежности тормозов, стропа и цепи.

6. Убедиться, что пол на рабочем месте в полной исправности, без выбоин, без скользких поверхностей и т. п., что вблизи нет оголенных электропроводов, открытых кабелей и все опасные места ограждены.

7. Сигналы крановщику должен подавать только один человек.

8. Строповка (зачаливание) детали должна быть надежной, чалками (канатами или тросами) только соответствующей грузоподъемности.

9. Перед установкой крупногабаритных деталей на плиту или на стол заранее подбирать установочные и крепежные приспособления (подставки, мерные подкладки, угольники, домкраты, прижимные планки, болты и т. д.).

10. При установке детали выбирать такое положение, которое позволяет обрабатывать ее с одной или с меньшим числом установок.

11. Заранее выбрать схему и метод обработки, учесть удобство смены инструмента и производства замеров.

12. Определить необходимость установки дополнительных упоров, домкратов и угольников для надежности крепления детали.

Б. Во время работы: 1. При заточке инструмента на наждачных сухих кругах обязательно надеть защитные очки, если при круге нет защитного экрана. Если защитный экран имеется, то не отодвигать его в сторону, а использовать для собственной безопасности. Проверить, хорошо ли установлен подручник у точила, подвести его возможно ближе к кругу, на расстояние 1—2 *мм*, стоять не против круга, а в полуоборот к нему, не затачивать инструмент на торцовых поверхностях круга.

Зазор между подручником и наждачным кругом не должен превышать 3 *мм*.

2. Запрещается находиться между деталью и шпинделем станка или под деталью, подвешенной на тросах.

3. Не производить измерение детали и проверку чистоты поверхности во время вращения шпинделя (на ходу станка).

4. Следить за исправностью ограждений вращающихся частей станка.

5. Не удалять стружку руками.

6. При работе короткими оправками пользоваться защитными очками.

7. Соблюдать особую осторожность при обработке деталей с помощью летучих суппортов.

8. При креплении инструмента с помощью клина не допускать, чтобы клин выступал за поверхность шпинделя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Режимы резания металлов. М., НИИТавтопром, 1959
2. Справочник технолога машиностроителя, т. 1 и 2 под ред. С. И. Бабкина и др., М., Машгиз
3. Справочник металлиста, т. 5 Под ред. Аврутина С. В. и др. Машгиз, 1961
4. Чернышев Е. И. и Чернышев В. Е. Справочник сверловщика, Машгиз, 1962.
5. Зазерский Е. И., Гутнер Н. Г., Токарь-расточник, Л., Машгиз, 1960
6. Соболев Н. П. Разметочно-сверлильные станки и работа на них, Л., Машгиз, 1947
7. Кашепава М. Я. Современные координатно-расточные станки. Л., Машгиз, 1961
8. Чечевицкий В. Е., Волошин А. М., Работа на координатно-расточных станках. М., Машгиз, 1954.
9. Смирнов В. К. Токарь-расточник. Профтехиздат, 1962
10. Богданов А. В. Расточное дело. Свердловск, Машгиз, 1960
11. Редченко А. Г. Работа на расточных станках, Киев, Машгиз, 1955
12. Табаков П. М. Координатно-расточные работы. Л., Машгиз, 1965
13. Фомин С. Ф. Справочник мастера токарного участка. М., Машгиз, 1964.
14. Справочник мастера механического цеха. М., Машгиз, 1960.
15. Гольдин М. М., Зуев В. Д., Пинус Л. А. и др. Наладка и эксплуатация автоматических линий из нормализованных узлов. М., изд. «Машиностроение», 1965.

ОГЛАВЛЕНИЕ



Василий Федорович ПОНОМАРЕВ

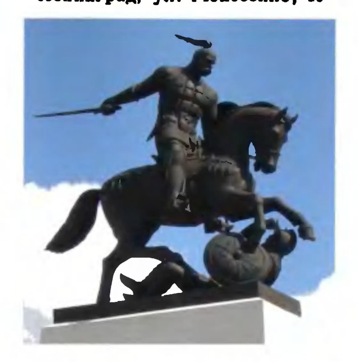
СПРАВОЧНИК
ТОКАРЯ-РАСТОЧНИКА

Редактор издательства *М. С. Хухлин*
Технический редактор *Н. В. Тимофеева*
Корректор *Е. В. Сабынич*

Сдано в производство 23/XI 1968 г.
Подписано к печати 22/IX 1969 г.
Т-13717. Тираж 60 000 (1-й завод 30 000) экз.
Печ. л 15,54 (в т. ч.+1 вкл.). Бум. л. 4,63
Уч.-изд. л. 18,75. Формат 84×108¹/₃₂. Цена 85 коп.
Зак. 2371

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
Москва, Б-66, 1-й Басманный пер., 3

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Ленинград, ул. Моисеенко, 10



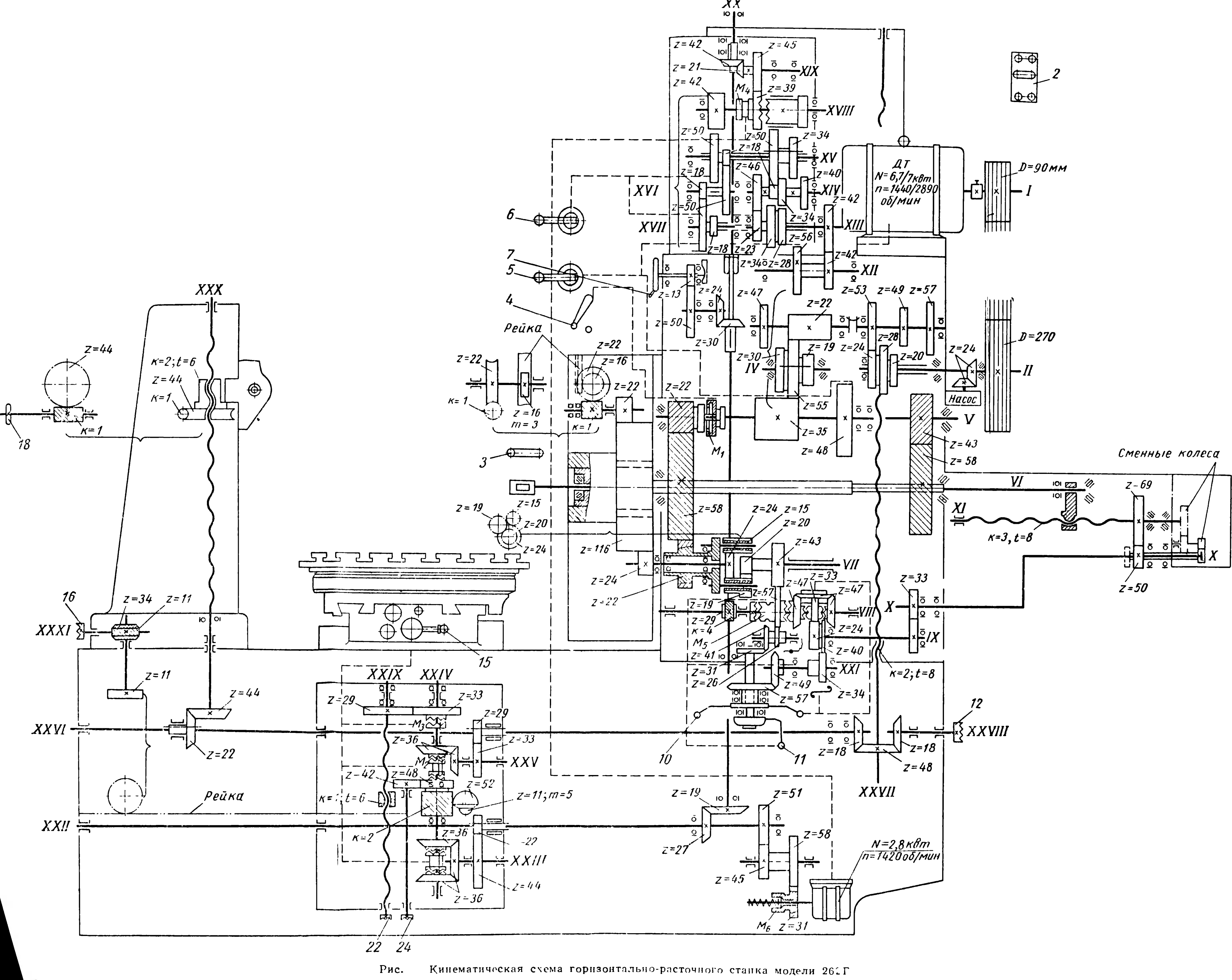


Рис. Кинематическая схема горизонтально-расточного станка модели 262Г

В. Ф. Пономарев

85 коп.

Издательство
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»